

Treball de Fi de Grau

Enginyeria en Tecnologies Industrials

Estudi del final de vida d'un vehicle elèctric

MEMÒRIA

Autor: Manel Martí Rosich
Director: Lluç Canals Casals
Convocatòria: Tardor 2019



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Aquest projecte té com a objectiu poder fer una previsió de quan les primeres bateries de vehicles elèctrics començaran a deixar de ser útils per a la circulació i s'hauran de començar a gestionar.

Per poder estimar quan passarà això s'ha realitzat un primer estudi on s'analitza quina és la vida útil dels vehicles amb dades subministrades per la DGT (direcció general de trànsit) d'entre els anys 2015 i 2018.

Un cop s'ha obtingut quina és la vida útil dels vehicles dels darrers anys s'ha procedit a fer un segon estudi per determinar quin és el quilometratge mig anual que fa un vehicle en funció de l'antiguitat d'aquest. Així s'ha pogut obtenir quants kilòmetres fa un vehicle al llarg de la seva vida útil.

Posteriorment s'ha estudiat quin és el desgast que pateixen les bateries dels vehicles elèctrics en funció de diversos paràmetres. Amb això s'ha pogut fer una estimació del desgast que pateixen les bateries.

Finalment s'ha fet un estudi de com evolucionaran les matriculacions de vehicles elèctrics a l'estat espanyol en els propers anys, estudiant fins que les matriculacions d'aquests corresponguin a un 30% de les totals a tot l'estat espanyol. I aquest nombre s'ha relacionat amb els resultats obtinguts anteriorment per treure uns primers resultats de quin serà el nombre de bateries de vehicles elèctrics que arribaran per reutilitzar durant els propers anys i en quin estat estaran.

Sumari

RESUM	3
SUMARI	4
ÍNDIX DE GRÀFICS	7
ÍNDIX D'IL·LUSTRACIONS	9
ÍNDIX D'EQUACIONS	10
ÍNDIX DE TAULES	11
GLOSSARI	12
1. PREFACI	13
2. INTRODUCCIÓ	15
2.1. Objectius del projecte	15
2.2. Abast del Projecte.....	15
2.3. Vehicles elèctrics	15
2.4. Bateries dels vehicles elèctrics.....	17
2.4.1. Tipus de bateries	17
2.4.2. Reciclatge de les bateries.....	18
3. METODOLOGIA	20
3.1. Vida útil d'un vehicle en funció de l'antiguitat.....	20
3.2. Vida útil d'un vehicle en funció del quilometratge	23
3.3. Envelliment de les bateries.....	25
3.3.1. State of Health en funció del quilometratge.....	25
3.3.2. State of Health en funció dels cicles de càrrega.....	27
3.3.3. State of Health en funció de l'edat.....	28
3.3.4. State of Health en funció de la Temperatura.....	30
3.4. Matriculacions de vehicles a l'estat espanyol.....	31
3.5. Matriculacions vehicles elèctrics.....	32
3.6. Final vida útil bateries	33
3.6.1. Arribada de la bateria per la baixa del vehicle	34
3.6.2. Arribada de la bateria per defecte d'aquesta.....	39
3.6.2.1. Grup 1	40
3.6.2.2. Grup 2	42

3.6.2.3. Grup 3	44
4. RESULTATS	49
4.1. Aproximació econòmica	49
4.2. Bateries per reutilitzar	50
CONCLUSIONS	51
5. PRESSUPOST	54
5.1. Costos directes.....	54
5.2. Costos indirectes.....	55
5.3. Costos Totals	55
6. IMPACTE AMBIENTAL	56
AGRAÏMENTS	58
BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	59
Bibliografia complementària	61

Índex de Gràfics

<i>Gràfic 1: Nombre de vehicles desmatriculats a l'estat espanyol en funció de l'edat [6]</i>	20
<i>Gràfic 2: : Nombre de vehicles desmatriculats a l'estat espanyol en funció de l'edat aplicant els límits d'edat [6]</i>	21
<i>Gràfic 3: Distribució normal de desmatriculacions en funció de l'antiguitat del vehicle mitjançant Minitab (Font pròpia)</i>	22
<i>Gràfic 4: Distribution Plot que ens mostra el percentatge de vehicles que es donaran de baixa durant el 4rt any (Font pròpia)</i>	23
<i>Gràfic 5: Quilometratge d'un vehicle en funció de l'edat [7]</i>	24
<i>Gràfic 6: Capacitat romanent de la bateria en funció de les milles recorregudes [8]</i>	25
<i>Gràfic 7: State of Health en funció del quilometratge (dades obtingudes de fòrums d'usuaris de Nissan Leaf)</i>	26
<i>Gràfic 8: Gràfic comparatiu del State of Health en funció de l'edat del Tesla Model S i el Nissan Leaf [15]</i>	28
<i>Gràfic 9: SOH en funció de l'edat del vehicle [16]</i>	29
<i>Gràfic 10: Desgast que pateixen les bateries en dos tipus de clima diferents. Els vehicles que s'han estudiat són vehicles als que no se'ls fan càrregues ràpides, se'ls càrrega en punts de 240 volts, corresponents a càrregues domèstiques, i se'ls dona molt ús [15]</i>	30
<i>Gràfic 11: Nombre de matriculacions anuals a cada any [6]</i>	31
<i>Gràfic 12: Nombre de matriculacions anuals per cada any [18] [19]</i>	32
<i>Gràfic 13: Evolució del nombre de matriculacions des del 2013 al 2026 (Font pròpia)</i>	33
<i>Gràfic 14: Gràfic comparatiu del quilometratge anual dels diferents grups [7]</i>	36
<i>Gràfic 15: Bateries que arriben el 2020 en funció del SOH (Font pròpia)</i>	46
<i>Gràfic 16: Bateries que arriben el 2025 en funció del SOH (Font pròpia)</i>	47
<i>Gràfic 17: Bateries que arriben el 2030 en funció del SOH (Font pròpia)</i>	47

Gràfic 18: Evolució del parc de vehicle en l'estat espanyol entre el 2008 i el 2018 [6] 56

*Gràfic 19: Comparatiu d'emissions de CO₂ tenint en compte VE i sense tenir-los en compte
(Font pròpia)* 57

Índex d'il·lustracions

<i>Il·lustració 1: Ubicació de PC en l'estat espanyol [1]</i>	16
<i>Il·lustració 2: Esquema dels percentatges als que anirien destinades les bateries [27]</i>	53

Índex d'equacions

<i>Equació 1: Relació entre antiguitat i quilometratge anual (Font pròpia)</i>	24
<i>Equació 2: Relació entre SOH i antiguitat del VE (Font pròpia)</i>	29
<i>Equació 3: Equació que permet calcular les futures matriculacions de VE (Font Pròpia)</i>	32
<i>Equació 4: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 1 (Font pròpia)</i>	37
<i>Equació 5: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 2 (Font pròpia)</i>	37
<i>Equació 6: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 3 (Font pròpia)</i>	37
<i>Equació 7: Relació entre SOH i kilometratge d'un VE (Font pròpia)</i>	37

Índex de Taules

<i>Taula 1: Percentatges i nombre de baixes dels primers 4 anys (Font pròpia)</i>	23
<i>Taula 2: Taula de relacions entre antiguitat i baixes/matriculacions (Font pròpia)</i>	34
<i>Taula 3: Nombre de baixes de VE per any segons l'edat del vehicle de bateries (Font pròpia)</i>	35
<i>Taula 4: Relació entre quilometratge acumulat i SOH en funció de l'edat del vehicle (Font pròpia)</i>	36
<i>Taula 5: Relació en funció de cada grup entre quilometratge acumulat i SOH (Font pròpia)</i>	38
<i>Taula 6: Relació dels grups amb el % de conductors total</i>	38
<i>Taula 7: Nombre de matriculacions de VE en funció del grup d'ocupació</i>	39
<i>Taula 8: Relació entre edat, SOH i capacitat del grup 1 (Font pròpia)</i>	40
<i>Taula 9: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 1 (Font pròpia)</i>	41
<i>Taula 10: Relació entre edat, SOH i capacitat del grup 2 (Font pròpia)</i>	42
<i>Taula 11: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 2 (Font pròpia)</i>	43
<i>Taula 12: Nombre de bateries que s'obtindran cada any en funció de l'antiguitat grup 3 (Font Pròpia)</i>	44
<i>Taula 13: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 3 (Font pròpia)</i>	45
<i>Taula 14: Nombre de bateries que es rebran anualment en funció del SOH (Font pròpia)</i>	46
<i>Taula 15: Comparatiu de preu d'una bateria nova i una de segona mà en funció de la capacitat. (Font pròpia)</i>	49
<i>Taula 16: Desglossament del cost en recursos humans (Font pròpia)</i>	54
<i>Taula 17: Desglossament del cost en materials i equipament (Font pròpia)</i>	55

Glossari

Capítol opcional. Quan un document conté signes, símbols, abreviatures, acrònims o termes que poden no ser compresos fàcilment i ràpidament pels possibles lectors haurien de definir-se en una o varies llistes. L'existència d'aquestes llistes no justifica l'omissió d'una explicació sobre aquests elements quan apareixen per primera vegada en el text

1. Prefaci

Aquest projecte és la continuació de diversos projectes que han estudiat com es poden reutilitzar les bateries dels vehicles elèctrics (VE). Segons aquests estudis les possibilitats de donar una segona vida fora de l'automoció a aquestes bateries són molt amples.

Per això s'ha decidit estudiar quin volum de bateries per reutilitzar es rebrà els propers anys i en quin estat estaran aquestes bateries quan es decideixi que ja no són vàlides per usar-les en un vehicles, i per tant, s'ha de procedir a reutilitzar-les.

2. Introducció

2.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal del projecte és poder fer una estimació del nombre de bateries de VE que arribaran per reciclar ens els propers anys i quan arribarà el primer gran volum d'aquestes. D'aquesta manera es busca poder anticipar aquesta arribada per tal de poder reutilitzar totes les bateries.

2.2. Abast del Projecte

Es centrarà el projecte en estudiar les dades únicament del vehicles matriculats i desmatriculats a l'estat espanyol. D'aquesta manera es busca fer una previsió de la quantitat de bateries usades que es tindran només a Espanya.

Aquest estudi només analitzarà quin és l'estat de les bateries dels VE, ja que la resta del vehicle ja té un procés de reciclatge conegut i definit que és similar al dels vehicles de combustió interna (VECI).

L'estudi és realitzarà sota la premissa que el total de matriculacions de VE representarà fins un màxim del 30% de les matriculacions globals de turismes.

S'entén com a VE aquells vehicles amb propulsió elèctrica i recarregables, sense incloure els híbrids no endollables.

2.3. Vehicles elèctrics

Des de la creació del primer vehicle propulsat a vapor l'any 1786 l'ésser humà ha buscat noves maneres més ràpides de desplaçar-se i moure's d'un lloc a un altre. Aquest primer mitjà de transport tenia un problema, i era que la caldera es sobreescalfava massa, per això ja es van començar a buscar alternatives.

Després de l'etapa dels vehicles a vapor es va passar a una primera etapa de vehicles elèctrics, que contaven amb grans avantatges respecte els altres tipus de vehicles, com per exemple la eliminació de fums i olors. Aquests vehicles no contaven amb una gran capacitat per assolir velocitats ni autonomies elevades, però això no va suposar un problema, ja que s'usaven principalment per circular per ciutat.

Però el 1912 amb l'aparició de l'arrancada elèctrica i el descobriment de nous pous de petroli els VECI es van convertir en el principal mitjà de transport arreu del món.

Posteriorment es va entrar a l'etapa moderna dels vehicles, corresponent als inicis dels motors dièsel. En aquesta nova etapa dels vehicles era de vital importància que els nivells emesos de contaminació fossin els més baixos possibles. Per això els motors de combustió interna suposaven, i segueixen suposant, un gran problema, ja que emeten gasos contaminants com monòxid de carboni, hidrocarburs i òxids de nitrogen.

Per corregir els nivells de gasos emesos s'han dissenyat els convertidors catalítics, que elimina bona part d'aquets gasos i la recirculació de gasos d'escapament (EGR), que redueix les emissions d'òxids de nitrògens principalment en vehicles dièsel.

Tots i aquesta avanços per reduir els nivells de contaminació els VE es posicionen com la solució més viable, tornant al mercat després de molts anys de domini dels VECI.

Com que molts VE no disposaven de suficient autonomia es va recórrer a la implantació de vehicles híbrids, que disposen d'un motor tèrmic i un d'elèctric. Aquests tipus de vehicles aprofiten l'energia de regeneració en les frenades i en els perfils descendents per carregar les bateries. D'aquesta manera és soluciona el problema de l'autonomia però no es suprimeix el de l'emissió de contaminants de manera definitiva.

A dia d'avui els vehicles íntegrament elèctrics ja disposen d'una autonomia suficient i de suficients punts de càrrega (PC) al llarg del territori espanyol per dur a terme un viatge llarg. Com es pot observar a la Il·lustració 1.



Il·lustració 1: Ubicació de PC en l'estat espanyol [1]

De totes maneres el principal ús que es dona als VE són viatges curts, i la normativa que envolta els PC encara suposa un problema pels usuaris d'aquest tipus de vehicle, tot i que gràcies a la modificació de la llei de propietat horitzontal 19/2009, per instal·lar un PC ja no és necessària una votació per part de la comunitat d'usuaris o veïns d'un garatge, sinó que si es comunica amb antelació al president o administrador de la comunitat ja és suficient. Respectant sempre les zones comunes, ja que el PC ha d'estar dins d'una plaça d'aparcament privada.

Per part del govern també s'han pres mesures per fomentar l'ús d'aquest tipus de vehicles, el febrer de 2019 es va aprovar el PLAN MOVES. És un pla d'actuació que promou la instal·lació de PC i la compra de VE mitjançant subvencions atorgades pels governs de cada comunitat autònoma.

Apart de per temes medi ambientals la implementació de VE elèctrics també suposa un estalvi econòmic pel que fa al preu del combustible, ja que si es recarrega el vehicle en cicles nocturns el preu de la electricitat és notablement més barat.

En aquest treball es tindran en compte 3 tipus de VE. Els vehicles 100% elèctrics (BEV), és un vehicle purament elèctric. Els vehicles elèctrics amb autonomia extensa (E-REV), són vehicles elèctrics endollables amb un petit dipòsit de combustible que subministra a un motor de combustió que en cas que sigui necessari aporta potència al motor elèctric. Finalment també és tindran en compte els vehicles híbrids endollables (PHEV), que a diferència dels E-REV aquets subministren la potència directament a les rodes.

2.4. Bateries dels vehicles elèctrics

Per tal de seguir amb l'estudi és necessari fer una distinció entre els tipus de bateries que usen el VE, ja que a part de saber quan arribaran i en quin estat estaran també s'ha de saber per quins components està formada. Un cop es coneix el tipus de bateria ja es podrà observar si es possible reutilitzar-les.

2.4.1. Tipus de bateries

En primer lloc trobem les bateries de plom i àcid, aquestes van ser les primeres bateries recarregables, tenien un cost baix i una tecnologia senzilla. Aquestes són les bateries que s'empren en tots els vehicles, tant elèctrics com no elèctrics, per alimentar els sistemes de 12V i l'arrancada elèctrica. Per contra la baixa velocitat de càrrega i el seu contingut de material tòxic, com és el plom, va fer que es busquessin alternatives millors [2].

Després trobem les bateries de Níquel – Cadmi, aquestes bateries tenen una important pèrdua de voltatge després d'executar diverses càrregues. A part, al contenir cadmi fa que tinguin un gran impacte ambiental [2].

Un altre tipus de bateries són les de Níquel Metall Hidrur (NiMH), aquests tipus de bateries tenen una corba de descàrrega molt plana, fet que dificulta l'avaluació de l'estat de càrrega. Aquestes bateries són les que es van imposar inicialment per als vehicles híbrids no endollables. A més, tampoc tenen un bon rendiment a baixes temperatures [2].

Finalment arribem a les bateries d'ió-liti, aquest tipus de bateries són les més utilitzades per a la fabricació de VE, tot i ser el tipus de bateria més cara. Té unes altes prestacions de densitat volumètrica i específica, no pateixen autodescàrrega, tenen una alta eficiència i a més una durabilitat més alta. Segons el material utilitzat a l'ànode i el càtode podem distingir entre diverses bateries, ja que cada material aporta unes característiques diferents de durabilitat, estabilitat, etc. Però la més utilitzada per a fabricació de VE és la de níquel, manganés i cobalt (NMC), que aporten una alta densitat energètica i més cicles de càrrega que la resta [2].

2.4.2. Reciclatge de les bateries

Els VE treballen amb conjunts de bateries molt voluminosos. Es considera que aquestes bateries deixen de ser útils quan el "state of health" (SOH) és inferior al 80% [3] . El SOH és un indicador de l'estat de salut d'una bateria, partint d'un 100% que a mesura que se li va donant ús va decreixent progressivament.

El SOH depèn de varis factors com la temperatura, el "depth of discharge" (DOD), el "State of Charge" (SOC), etc. Cada un d'aquests factors afecta d'una manera a les cel·les, que es resumeix en pèrdues de capacitat, potència i energia [3].

D'acord amb diversos estudis un cop les bateries deixen de ser vàlides pel sector automobilístic se les pot considerar vàlides per desenvolupar altres funcions, com podria ser per exemple l'emmagatzematge d'energia en xarxes elèctriques. A més, si es dona un segon ús a les bateries s'aconsegueix reduir la fabricació, que suposen l'emissió del 30%-50% dels gasos contaminants emesos en la fabricació d'un VE. [2]

El 2016 el fabricant de VE Daimler ja va aconseguir la construcció d'un sistema d'emmagatzematge d'energia de 13 MWh a partir de 1000 mòduls de bateria del Smart Fort Two [4]. Un altre exemple de que la reutilització de bateries de VE està en el primer ordre del dia és el acord al que van arribar les dos empreses japoneses Toyota i Chubu Electric Power, que pretenen generar 10.000KW mitjançant un sistema de bateries d'emmagatzematge [5].

Un cop vist que les bateries del VE es poden reutilitzar i que donar una segona vida a aquestes és beneficiós pel medi ambient i per les companyies i usuaris de VE, sembla adient plantejar-se el dubte de quin serà el volum de bateries que es rebran ens els propers anys i quin serà l'estat d'aquestes.

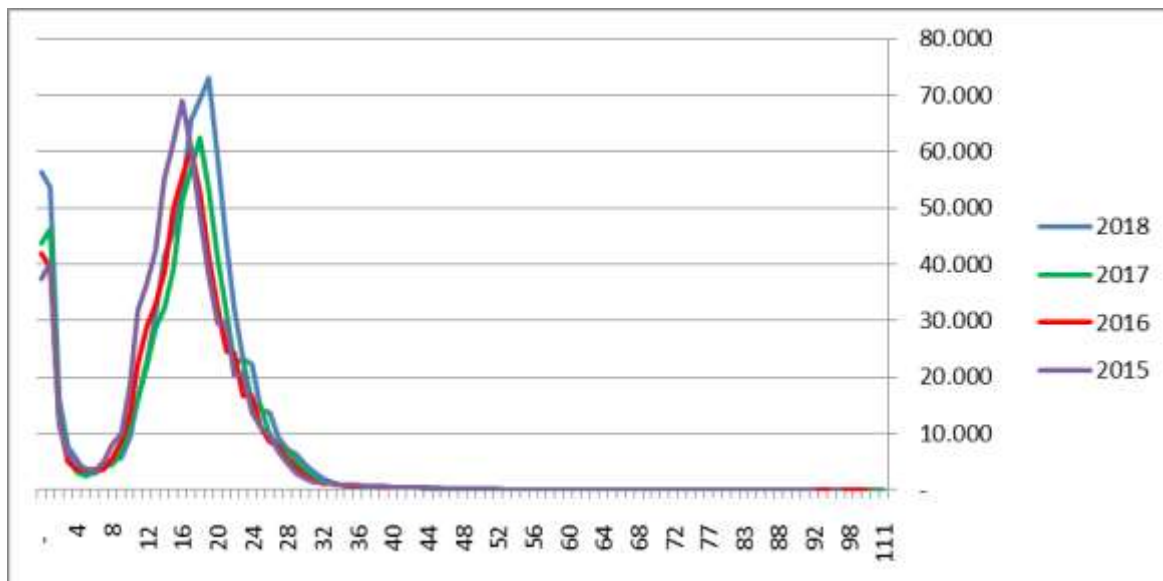
3. Metodologia

La metodologia consta de 6 passos que permetran conèixer quin serà l'estat de les bateries al final de la seva vida útil i quan es produirà aquest fet.

3.1. Vida útil d'un vehicle en funció de l'antiguitat

En primera instància l'estudi analitza quina és la vida útil d'un vehicle, per saber això s'han buscat dades a la web de la DGT respecte les baixes anuals de vehicles, agafant exclusivament cotxes i furgonetes, ja que les bateries que usen aquests vehicles són les que han estat objecte d'estudi.

Amb les dades recopilades s'han obtingut les corbes de les baixes en funció de la durada que ha tingut el vehicle, separant en funció de quin any s'ha donat la baixa. La distribució apareix en el Gràfic 1.



Gràfic 1: Nombre de vehicles desmatriculats a l'estat espanyol en funció de l'edat [6]

El pic inicial s'ha considerat que no procedeix a l'estudi ja que correspon a baixes temporals de vehicles per fer canvis de titularitat o finals de Renting. Altrament com els valors del final de la corba són estables i tendint a 0 a partir dels 32 anys s'ha extret una nova corba on la durada dels vehicles estudiada s'ha reduït entre 5 i els 32 anys.

Com es pot veure en el Gràfic 1 els 4 anys estudiats segueixen una mateixa distribució, per tant es considera que l'any en que s'està no afecta en l'ús que es dona al vehicle, i es

procedeix a unificar les dades per treure una única corba, d'aquesta manera es pot trobar quina és la mitjana de duració en anys d'un vehicle.

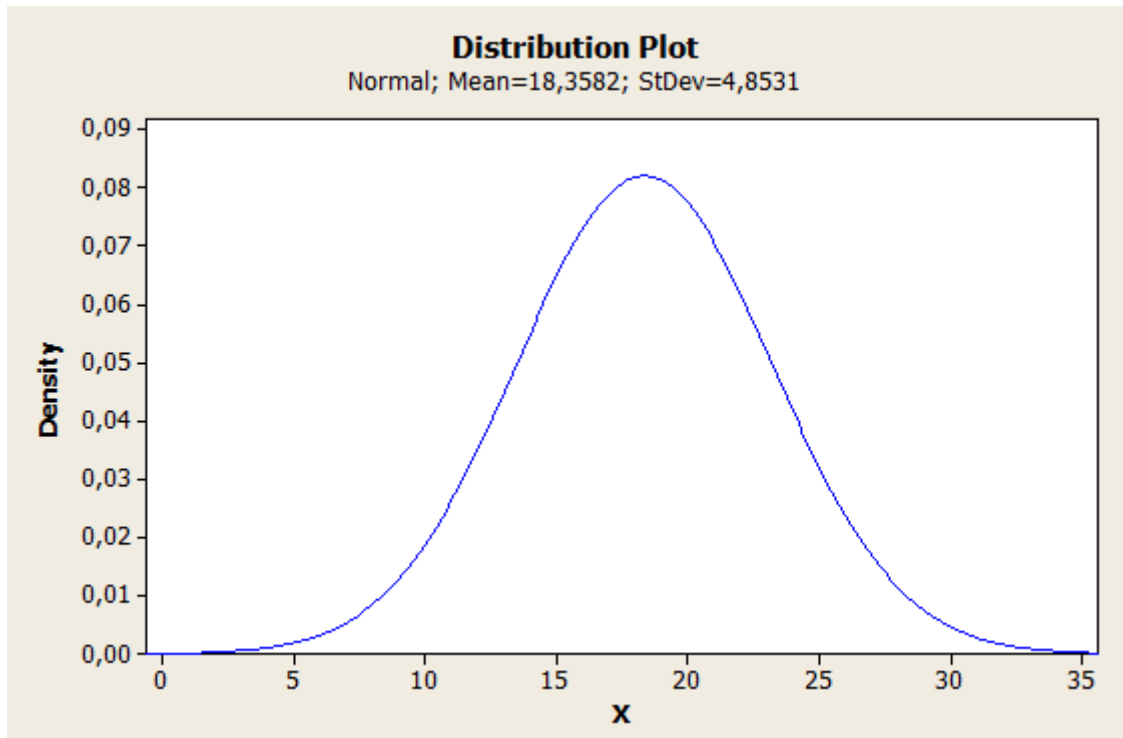


Gràfic 2: : Nombre de vehicles desmatriculats a l'estat espanyol en funció de l'edat aplicant els límits d'edat [6]

En el Gràfic 2 s'aprecia com la distribució de desmatriculacions entre aquests anys s'assimila a una normal, per tant, se'n podrà extreure una mitjana i una desviació estàndard que ens permetran estudiar les dades amb més facilitat incloent.

Per tal de poder analitzar correctament aquestes dades s'ha emprat el programa Minitab, que permet executar funcions estadístiques.

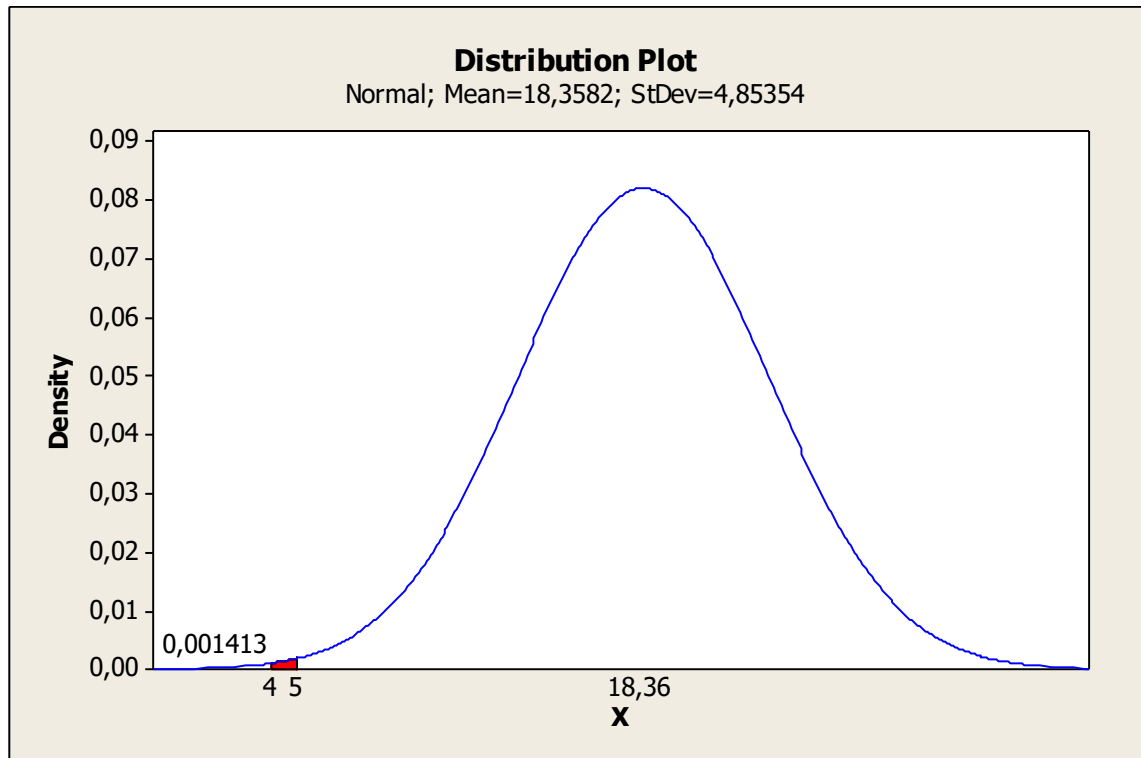
Analitzant les dades amb Minitab, es troba que la mitjana de desmatriculacions es troba a 18,3582, i la desviació és de 4,8531. Amb aquestes dades ja es pot obtenir la distribució normal completa que seguiran les baixes de vehicles en funció de l'edat. (Gràfic 3)



Gràfic 3: Distribució normal de desmatriculacions en funció de l'antiguitat del vehicle mitjançant Minitab (Font pròpia)

Un cop es disposa de la distribució s'utilitza una de les funcions que ofereix Minitab, "Probability Distribution Plot", per saber quina és la probabilitat de tenir baixes en funció de l'edat de manera generalitzada. Es treballaran aquestes dades com la proporció de vehicles que es donen de baixa en funció de l'antiguitat respecte les baixes totals. D'aquesta manera si es multiplica aquest valor per les baixes totals s'obtindrà el nombre de vehicles que es donen de baixa cada any.

Per poder conèixer aquestes dades s'ha d'usar la funció " Probability Distribution Plot " de Minitab, seguidament si es selecciona " View Probability " es té la opció de conèixer quina és la densitat entre trams, en aquest cas, anuals, tal com mostra, a mode d'exemple, el Gràfic 4.



Gràfic 4: Distribution Plot que ens mostra el percentatge de vehicles que es donaran de baixa durant el 4rt any (Font pròpia)

D'aplicar el Distribution Plot als 4 primers anys s'han obtingut els resultats de la Taula 1, que s'han multiplicat per les baixes totals dels anys compresos entre 2015 i 2018.

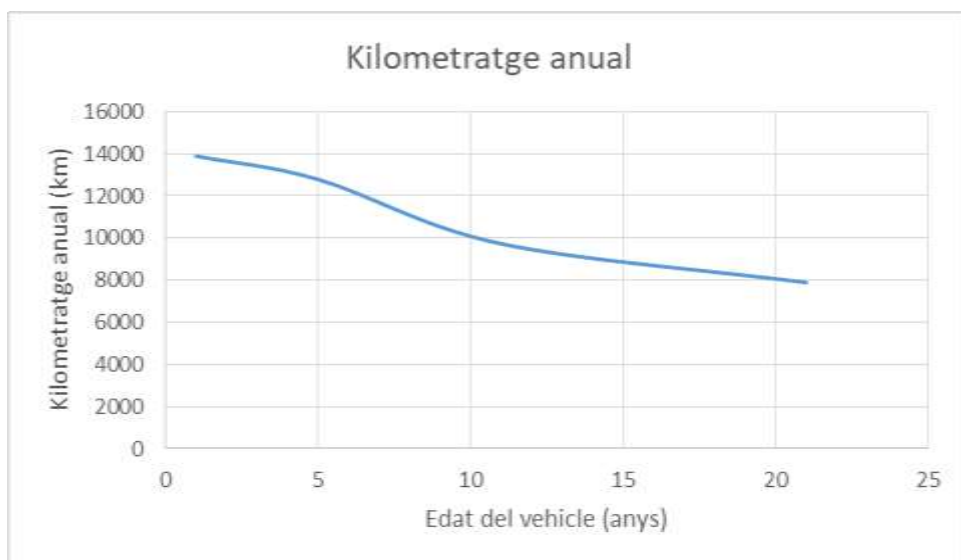
Antiguitat	Percentatge	Baixes 2018	Baixes 2017	Baixes 2016	Baixes 2015
4	0,001413000	1.235	1.123	1.138	1.356
3	0,000769500	673	611	620	738
2	0,000201200	176	160	162	193
1	0,000096520	84	77	78	93

Taula 1: Percentatges i nombre de baixes dels primers 4 anys (Font pròpia)

3.2. Vida útil d'un vehicle en funció del quilometratge

Seguidament s'analitzen els kilòmetres anuals que recorre un vehicle en funció de l'antiguitat d'aquest, d'aquesta manera es pot deduir quin és el kilometratge al final de la vida útil dels vehicles.

Per poder extreure una mitjana de kilòmetres en el total de la vida útil d'un vehicle s'han analitzat les dades subministrades pel INE (Instituto Nacional de Estadística) en el Gràfic 5, que mostra quants kilòmetres es fan anualment en funció de l'edat del vehicle, obtenint d'aquesta manera una equació que permetrà trobar el kilometratge final d'un vehicle.



Gràfic 5: Quilometratge d'un vehicle en funció de l'edat [7]

Es pot apreciar com hi ha una reducció considerable de kilòmetres recorreguts anualment a mesura que el vehicle va essent més antic. Aquesta reducció de kilòmetres recorreguts ve donada ja sigui per la compra d'un segon vehicle, pel traspàs del vehicle a una persona que no l'utilitzi tant o simplement perquè el usuari del vehicle recorre pocs kilòmetres anuals i per tant pateix menys desgast.

Del Gràfic 5 se'n pot extreure una equació de segon grau que ens permetrà estimar quin és el kilometratge anual de cada vehicle fins els 18 anys, d'aquesta manera es podrà conèixer també quin és el kilometratge acumulat, i per tant, saber quina distància recorre un vehicle al llarg de tota la seva vida útil.

$$\text{Distància} = 9,2802 \times (\text{antiguitat})^2 - 519,23 \times (\text{antiguitat}) + 14642$$

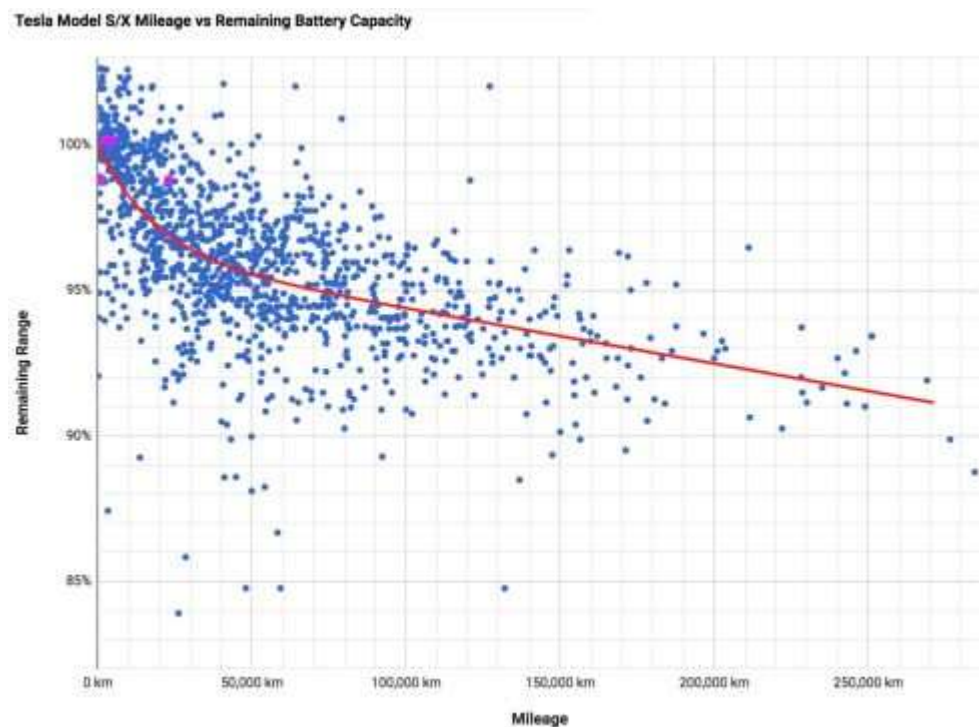
Equació 1: Relació entre antiguitat i quilometratge anual (Font pròpia)

Aplicant l'Equació 1 s'arriba a la conclusió que la distància mitjana que recorre un vehicle al llarg de tota la seva vida és de mitjana 194.340 kilòmetres.

3.3. Envelliment de les bateries

3.3.1. State of Health en funció del kilometratge

Per tal de saber la quantitat de bateries que es rebran i en quin estat estaran aquestes s'ha de procedir a estudiar quin és el SOH d'aquestes en funció de l'edat dels vehicles i dels kilòmetres fets, d'aquesta manera es podrà relacionar amb les dades obtingudes prèviament respecte a la duració i quilometratge admès per un vehicles i es començaran a obtenir resultats.

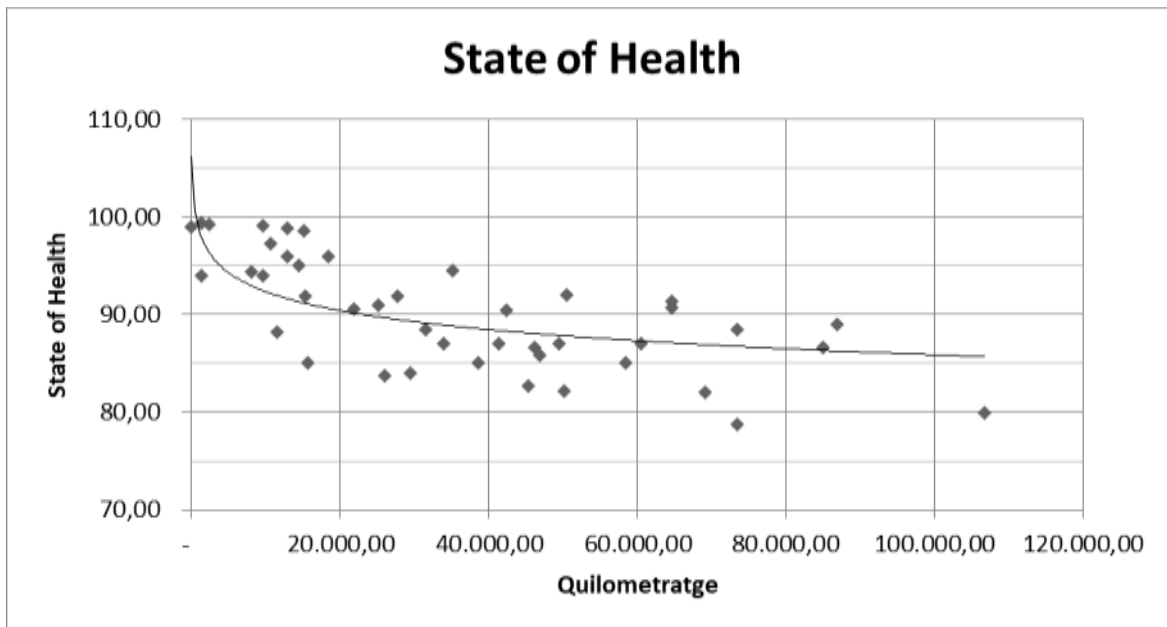


Gràfic 6: Capacitat romanent de la bateria en funció de les milles recorregudes [8]

El Gràfic 6 ens mostra una corba on totes les mostres estan pressos en una regió delimitada i per tant en un interval de temperatures similar. La temperatura seria un factor a tenir en compte ja que és un dels factors claus que influeix en el envelliment de les bateries.

Es pot apreciar com l'envelliment de les bateries segueix una primera tendència que baixa molt de cop i després s'estabilitza i segueix baixant linealment, s'observa que no arriba al 80% passats els 250.000 km. Segons el fabricant, al 80% de SOH és quan es recomana fer un canvi de bateria. Per tant, segons l'estudi previ que s'ha fet de distància mitjana recorreguda pels vehicles de l'estat espanyol no s'arribaria a aquest estat de salut.

Es necessari mencionar que el model de VE estudiat és un dels que té una bateria més gran del mercat, i per tant té una major durabilitat. Per això també s'han recollit dades d'un altre model de VE, el Nissan Leaf (que és el VE més venut del món [9]). Les dades que s'han trobat d'aquest vehicle no són tant abundants com les del tesla però han servit per poder extreure una funció logarítmica del seu desgast. Les dades referents al Nissan Leaf s'han extret de diversos fòrums on conductors d'aquest vehicle comentaven els kilòmetres que portaven recorreguts i quin era el SOH en aquell moment.



Gràfic 7: State of Health en funció del quilometratge (dades obtingudes de fòrums d'usuaris de Nissan Leaf)

En el Gràfic 7 es pot veure com la distribució té una tendència similar a la que segueixen els Tesla. Per tal de poder extreure una distribució a llarg termini, tenint en compte que inicialment hi ha més desgast i després aquest desgast s'estabilitza, s'ha considerat que aquest desgast es pot assimilar a una recta..

Es pot apreciar com el desgast que pateixen els Nissan Leaf és major que el de Tesla. Aquest desgast major és degut a que el model de Nissan té una refrigeració per aire, i el model de Tesla refrigera mitjançant líquid. El sistema de refrigeració mitjançant líquid fa que la bateria pateixi un menor desgast [10]. A part, com s'ha comentat prèviament la bateria del Tesla és més gran, cosa que provoca que faci menys cicles, menys profunditat de descàrrega i menys corrent per cel·la.

3.3.2. State of Health en funció dels cicles de càrrega

És necessari comentar que el quilometratge que és fa al VE no és el que afecta directament a la bateria sinó que ho fa indirectament, ja que és el procés complet de càrrega i descàrrega el que ho fa [11]. Per tant és convenient estudiar quants cicles de càrrega es produirien al llarg de la vida útil d'aquestes bateries.

Com que tots els models de VE tenen diferents capacitats en les seves bateries, i per tant diferents autonomies, se'ls aplica un diferent nombre de càrregues s'agafarà l'autonomia reals d'alguns models de VE. Per calcular l'autonomia real, en aquest estudi, s'han agafat el consum mig confirmats dels usuaris de Sprintmotor [12], expressat en kWh/100km i amb la capacitat de la bateria s'ha tret la autonomia. Els models de VE que s'han agafat i la seva respectiva autonomia són:

- BMW i3: 219 km
- Hyundai IONIQ EV: 206 km
- Kia Soul EV: 158 km
- Mitsubishi i-MiEV: 105 km
- Nissan Leaf: 245 km
- Renault ZOE Z.E. 40: 279 km
- Smart ForFour EQ: 98 km
- Tesla Model S: 363 km (amb la bateria de 75kWh de capacitat)
- Tesla Model X: 325 km (amb la bateria de 75kWh de capacitat)
- Volkswagen e-Golf: 241 km
- Volkswagen e-up: 145 km

Amb aquestes dades es pot estimar que, de mitjana, l'autonomia dels VE és de 216,7 km. Per tant al llarg de tota la vida útil d'un vehicle se li farien unes 616 recàrregues com a mínim. Aquest nombre de recàrregues és el nombre ideal, ja que realment la bateria va patint un desgast i va perdent capacitat, i per tant també autonomia.

Les bateries d'ió-liti solen tenir entre 500 i 1000 cicles de càrrega complets, és a dir, del 0 al 100%. Però hi ha diverses maneres d'augmentar aquest nombre i obtenir un major

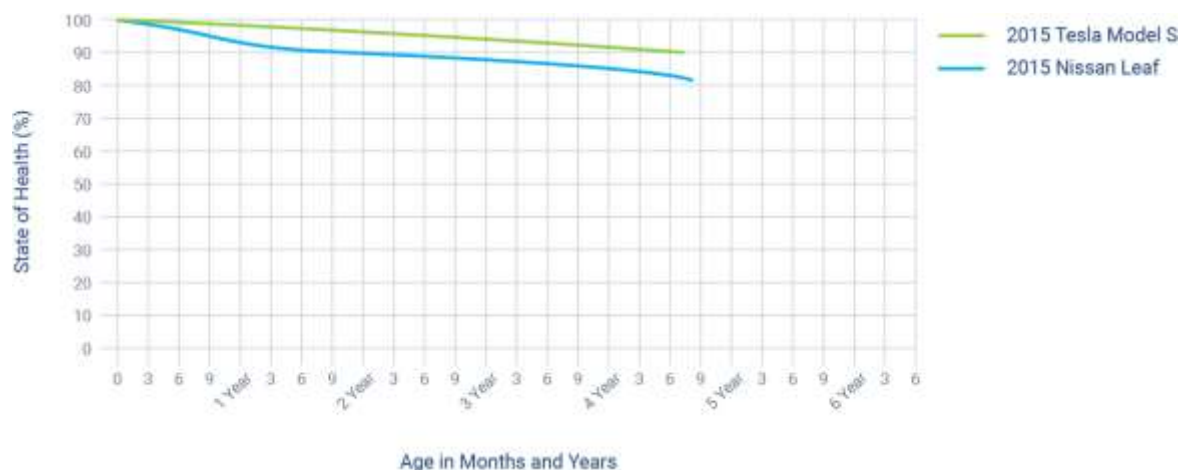
rendiment. Executar cicles de càrrega complets és perjudicial per les bateries, però aquestes mateixes ja incorporen un sistema que fa que no es descarreguin ni carreguin més del comte, per exemple, el Chevrolet Volt de segona generació permet un 75% del seu ús. La majoria de fabricants recomanen mantenir l'estat de càrrega de les bateries entre un 20% i un 80%, d'aquesta manera es podrien arribar a executar uns 3500 cicles de càrrega [13].

Apart de mantenir l'estat de càrrega entre el 20% i el 80% un altre factor que influeix en el desgast de les bateries és el nombre de càrregues ràpides que es fa al VE, ja que com més càrregues d'aquest tipus es fan major és el desgast. Ja que executar una càrrega ràpida suposa aplicar corrents elevades a la bateria. Per tant evitar aquests tipus de càrregues pot allargar la vida útil de la bateria [14].

3.3.3. State of Health en funció de l'edat

Seguidament s'ha de procedir a estudiar quin serà el SOH en funció de l'edat del VE, per això s'ha cercat quina és la tendència de pèrdua de capacitat en funció de l'antiguitat dels vehicles.

D'acord amb el Gràfic 8, que recull dades de dos models de VE del 2015, el Tesla Model S i el Nissan Leaf, el nivell de desgast de les bateries dels vehicles és diferent. En ambdós casos es pot apreciar com l'estat de la bateria passarà a ser inferior al 80% abans dels 18 anys de vida útil mitjana que s'ha calculat prèviament.

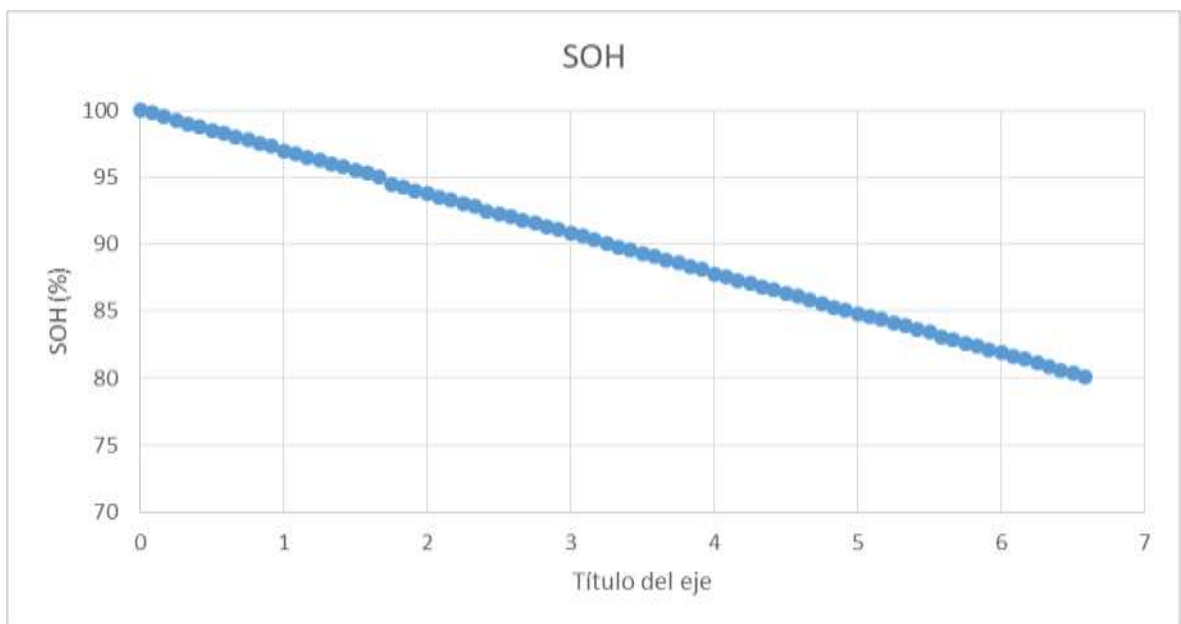


Gràfic 8: Gràfic comparatiu del State of Health en funció de l'edat del Tesla Model S i el Nissan Leaf [15]

Igual que s'ha fet amb el desgast en funció del kilometratge es comparen dos models

diferents de VE, que seran novament el Tesla model S i el Nissan Leaf. En el Gràfic 8 es pot apreciar com el desgast de les bateries és clarament diferent, patint un desgast notablement major el model de Nissan. Aquest fet concorda amb l'estudiat prèviament i torna a deixar en evidència la diferència entre les dues bateries.

A nivell pràctic es treballarà amb les dades del Nissan Leaf, ja que té una bateria més similar a la resta de vehicles del mercat. Per tal de poder extreure una equació que doni una relació entre SOH i edat del vehicle s'han usat les dades subministrades per GeoTab, que ha anat recopilant mensualment el SOH de diversos Nissan Leaf de 2012.



Gràfic 9: SOH en funció de l'edat del vehicle [16]

Es pot apreciar com la reducció del SOH es pot aproximar a una recta, per tant això permetrà obtenir una equació per poder aproximar quin serà el desgast per edats que no estaven tabulades degut a què no hi han suficient VE d'edat tant avançada.

Del Gràfic 9 se'n pot extreure l'Equació 2, que mostra quina és la relació entre SOH i antiguitat del VE.

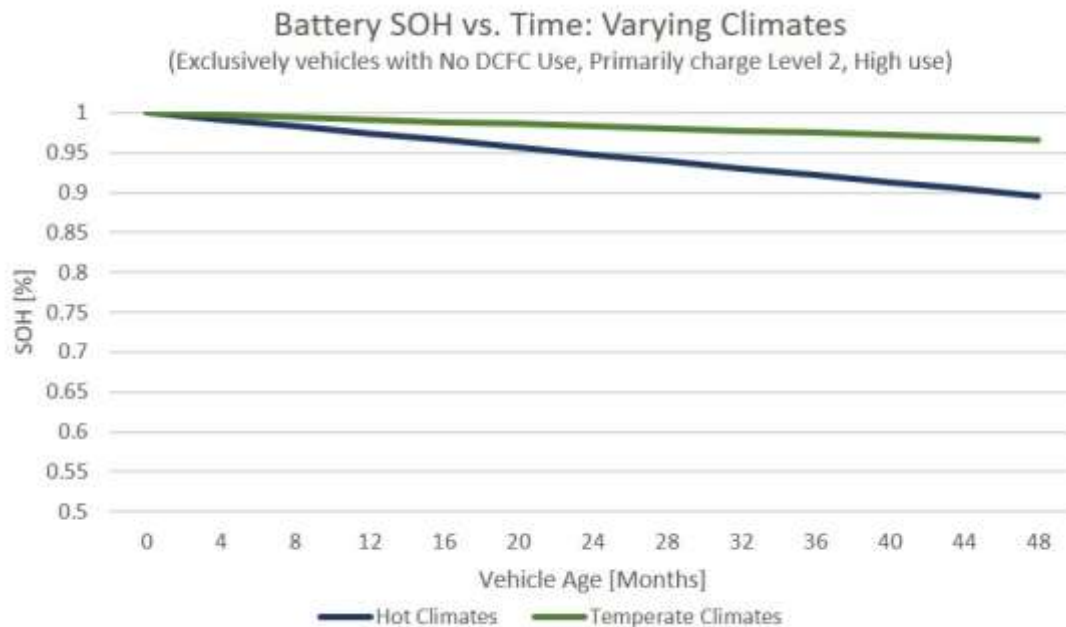
$$\text{SOH} = 100 - 3,0329 \times \text{antiguitat}$$

Equació 2: Relació entre SOH i antiguitat del VE (Font pròpia)

Cal aclarir que aquest estudi es centrà en dades globals, i hi pot haver casos en el que el desgast de la bateria és menor o major al mencionat.

3.3.4. State of Health en funció de la Temperatura

Un dels casos, que ja s'ha mencionat anteriorment, que també afecta a l'envelliment de les bateries és la temperatura. Ja que els vehicles que circulen a temperatures elevades pateixen una degradació major respecte als que ho fan en un clima temperat.



Gràfic 10: Desgast que pateixen les bateries en dos tipus de clima diferents. Els vehicles que s'han estudiat són vehicles als que no se'ls fan càrregues ràpides, se'ls càrrega en punts de 240 volts, corresponents a càrregues domèstiques, i se'ls dona molt ús [15]

En el Gràfic 10 podem apreciar com varia el SOH en funció del tipus del clima per on funciona el VE. Es poden diferenciar dos tipus diferents de climes.

- Hot climates: corresponent a climes en què es superen almenys 5 dies l'any els 27°C
- Temperate Climates: els que no es superen els 27°C durant 5 dies l'any.

Es pot veure clarament com quan major és la temperatura major és el desgast que pateix la bateria. Per tant, la localització del VE és un aspecte a tenir en compte. La majoria de l'estat espanyol seria considerant un "Hot climate" segons aquest estudi, i per tant estaria en una regió on es patiria un desgast major.

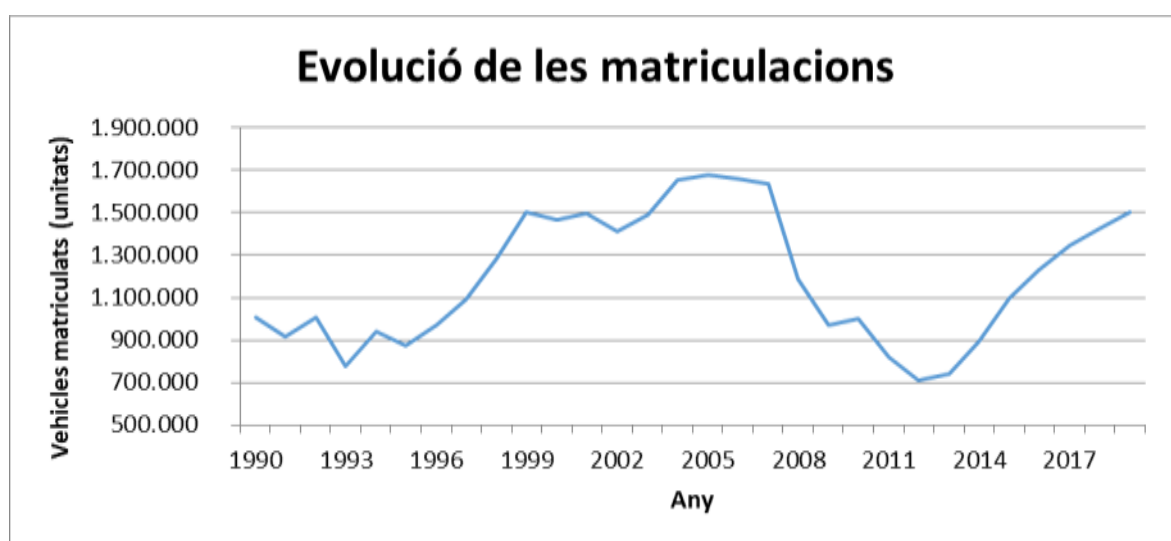
De la mateixa manera que un clima calorós afecta negativament a les bateries un clima molt fred també és perjudicial per aquestes i per tant també suposa un desgast major.

3.4. Matriculacions de vehicles a l'estat espanyol

Posteriorment s'ha analitzat com evolucionaran les matriculacions d'aquests tipus de vehicles a l'estat espanyol per poder fer una previsió de quan es començaran a extreure aquestes bateries per procedir a canviar-les i es procedirà a reutilitzar-les.

Per poder analitzar com evolucionaran els VE en el mercat espanyol s'ha d'estudiar com han anat les compres de vehicles ens els anys anteriors, tant de VE com de VECI, per poder fer una previsió a llarg termini.

Pel que fa als VECI s'usaran les dades subministrades per la DGT dels darrers anys.



Gràfic 11: Nombre de matriculacions anuals a cada any [6]

Al Gràfic 11 s'aprecia com la fluctuació de matriculacions des de el 1993 és molt variable, però analitzant el context econòmic de cada any es pot apreciar com l'any en el que a l'estat espanyol s'inicia una recessió econòmica comencen a caure les matriculacions, arribant al seu punt àlgid l'any 2012, el qual l'efecte de la crisi econòmica va ser major i a partir del qual l'economia espanyola es va començar a recuperar poc a poc. Aquest fet fa que no es pugui observar una constant pel que fa a les matriculacions en els darrers anys, però si s'observen els anys previs a la crisi es pot veure com el valor de les matriculacions és manté estable entre 1.500.000 i 1.700.000.

Pel que fa a l'any 2019 les matriculacions s'incrementen fins a 1.501.009 [17], que és un valor proper al punt de saturació del mercat de la dècada entre 1998 i 2008.

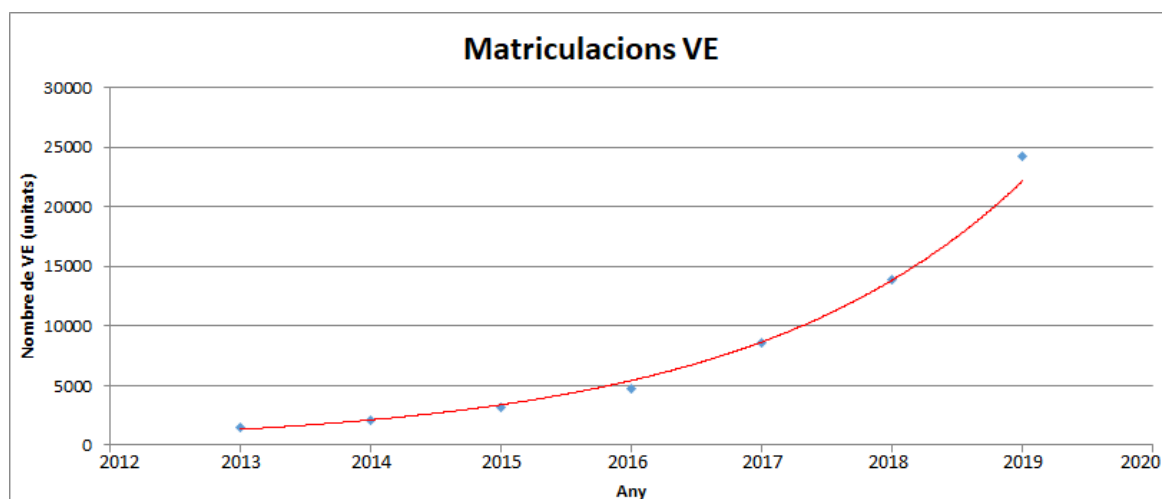
Per tal d'obtenir quin serà el nombre de matriculacions en els propers anys s'ha considerat que ja s'ha assolit una estabilitat pel que fa a les matriculacions i que no succeirà cap fet

extern, com podria ser una altre crisi, que faci que aquest nombre pogués variar substancialment.

Tenint en comte aquestes condicions es prendran les dades dels anys compresos entre el 1999 i el 2007, i els anys 2018 i 2019, ja que es considera que 2018 és l'any en que s'ha deixat de notar l'efecte de la crisi en la compra de vehicles. Amb aquestes dades s'ha obtingut que de mitjana en períodes de normalitat econòmica es matriculen 1.538.209 vehicles anuals.

3.5. Matriculacions vehicles elèctrics

Un cop es té una aproximació del nombre de vehicles que es matriculen anualment a l'estat espanyol ja es pot procedir a estudiar com evolucionaran les matriculacions de VE fins assolir el 30% de matriculacions totals de vehicles comentat a l'abast del projecte, que correspon a 593.432 vehicles elèctrics anuals.



Gràfic 12: Nombre de matriculacions anuals per cada any [18] [19]

El Gràfic 12 ens mostra l'evolució de la venda de vehicles elèctrics a partir de l'any 2013, fins el 2019. De les dades recollides de les matriculacions de VE podem extreure una regressió amb la següent equació:

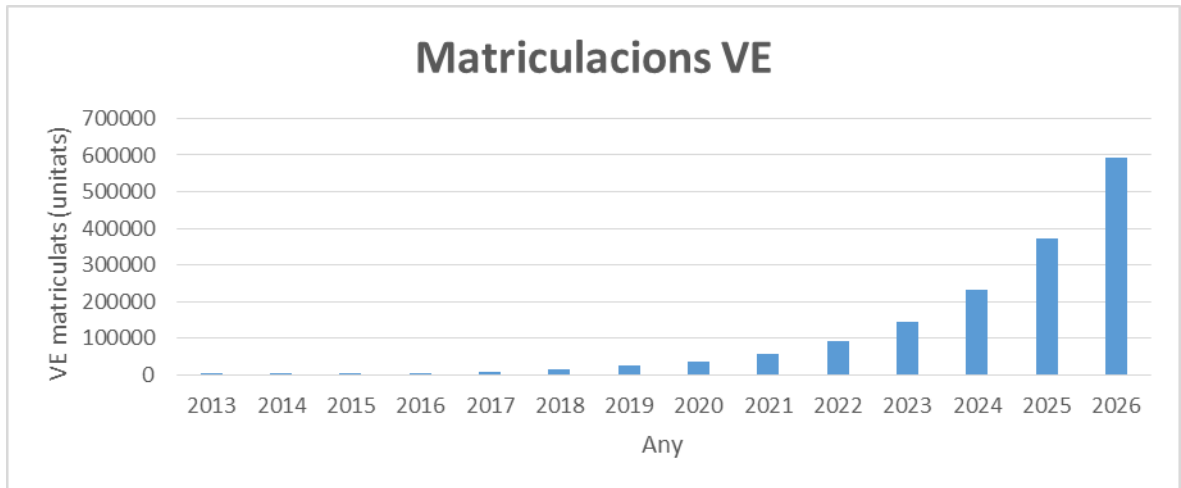
$$y = 827,06e^{0,4697x}$$

Equació 3: Equació que permet calcular les futures matriculacions de VE (Font Pròpia)

S'ha considerat l'Equació 3 com a vàlida ja que té un coeficient de determinació molt pròxim

a 1 ($R^2 = 0,9931$)

Igualant l'Equació 3 al nombre corresponent al 30% de matriculacions de vehicles totals s'obté l'any en el qual assolirem aquesta xifra. De aquesta igualació obtenim que la x rep un valor de 13,46, per tant aquesta xifra s'assolirà a mitjans del 2025.



Gràfic 13: Evolució del nombre de matriculacions des del 2013 al 2026 (Font pròpia)

En el Gràfic 13 es pot apreciar com aniran augmentant les matriculacions de VE a l'estat espanyol. Aquest gràfic també permetrà fer una aproximació del nombre de bateries que arribaran per reutilitzar els propers anys.

3.6. Final vida útil bateries

Un cop s'han recopilat totes les dades necessàries per fer una estimació del nombre de bateries que arribaran en els propers anys s'ha de procedir a relacionar els resultats obtinguts.

Per tal de continuar l'estudi s'ha de trobar una distribució de les baixes que es tindran cada any i quina edat tindran les bateries en aquell moment. D'aquesta manera podrem preveure la quantitat de bateries que arribaran i en quin estat estaran. Per buscar aquestes dades s'han de tenir en compte dos tipus d'arribades de bateries:

- Arribada de la bateria per la baixa del vehicle
- Arribada de la bateria per defecte d'aquesta

3.6.1. Arribada de la bateria per la baixa del vehicle

Com que es disposa de les baixes en funció de l'antiguitat a partir de l'any 2015 fins el 2018 i de les matriculacions a partir del 1990 s'han pogut treure proporcions dels 4 anys dels que es disposaven dades que mostraven el tant per cent de baixes respecte les matriculacions en funció de l'antiguitat del vehicle. Amb les quatre dades obtingudes per antiguitat s'ha fet una mitjana per unificar-ho en un únic valor de manera que han quedat els següents resultats.

Anys antiguitat	% TOTAL
1	0,01
2	0,02
3	0,08
4	0,15
5	0,39
6	0,36
7	0,41
8	0,49
9	0,56
10	0,86
11	1,30
12	1,71
13	2,20
14	2,77
15	3,34
16	3,88
17	4,25
18	4,36
19	4,17
20	3,77
21	3,29
22	2,78
23	2,33
24	1,87
25	1,40
26	1,09
27	0,89
28	0,72

Taula 2: Taula de relacions entre antiguitat i baixes/matriculacions (Font pròpia)

A nivell pràctic es calcularan les baixes fins el 2030. Per tal de saber les baixes de VE que es tindran cada any i quina antiguitat tindrà el vehicle s'ha d'anar multiplicant el percentatge corresponent per les matriculacions de VE obtingudes a l'apartat 4.5, per exemple, per saber el nombre de bateries que es tindrien el 2016 es farien 3 operacions:

- Baixes/matriculacions de 3 anys d'antiguitat per matriculacions al 2013
- Baixes/matriculacions de 2 anys d'antiguitat per matriculacions al 2014
- Baixes/matriculacions de 1 any d'antiguitat per matriculacions al 2015

De fer aquest càlcul obtenim els següents resultats que ens donen el nombre de VE que es tindran i l'edat amb la que arriben.

any / edat bateria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Baixes totals
2.013														-
2.014	0													0
2.015	0	0												0
2.016	0	0	1											2
2.017	0	1	2	2										5
2.018	1	1	2	3	6									13
2.019	1	2	4	5	8	5								25
2.020	2	3	7	7	12	8	6							45
2.021	3	4	11	13	18	11	9	7						77
2.022	4	6	19	21	33	17	13	11	8					134
2.023	7	10	28	37	54	31	20	15	12	13				227
2.024	11	17	45	55	94	51	35	23	18	18	19			385
2.025	17	27	72	87	137	89	57	42	27	27	28	25		635
2.026	28	42	115	140	219	129	100	68	48	41	41	37	32	1.040
2.027	45	68	184	223	350	207	146	119	78	74	61	54	47	1.656
2.028	45	108	295	357	560	331	234	174	136	119	112	81	69	2.620
2.029	45	108	471	571	896	529	374	278	199	208	180	147	104	4.110
2.030	45	108	471	914	1.432	847	598	445	319	304	314	237	189	6.222

Taula 3: Nombre de baixes de VE per any segons l'edat del vehicle de bateries (Font pròpia)

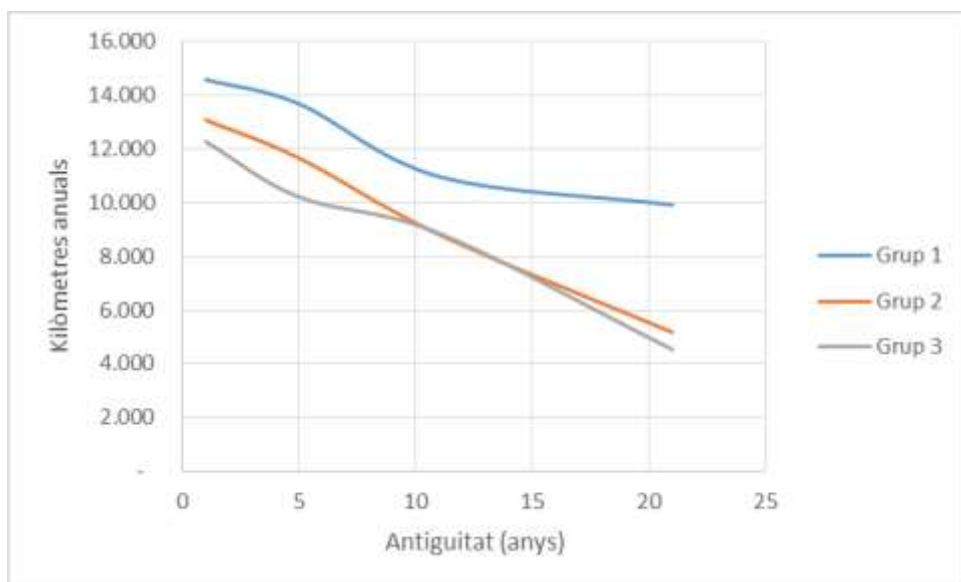
Aplicant l'Equació 2 s'obté la Taula 4. En la que es pot veure quina es la relació entre el SOH entre el quilometratge acumulat mitjà, però no tots els vehicles recorren la mateixa

distància anual, per això es procedirà en separar el quilometratge en 3 grups de gent en funció del seu estat laboral:

- Grup 1: Gent ocupada a temps complet.
- Grup 2: Gent ocupada a temps parcial i gent que es dedica a labors domèstiques.
- Grup 3: Pensionistes i altres inactius.

Edat	Quilometratge	SOH
1	14.132	96,94
2	27.773	93,91
3	40.941	90,89
4	53.654	87,86
5	65.932	84,84
6	77.793	81,82
7	89.255	78,79
8	100.337	75,77
9	111.058	72,74
10	121.435	69,72

Taula 4: Relació entre quilometratge acumulat i SOH en funció de l'edat del vehicle (Font pròpia)



Gràfic 14: Gràfic comparatiu del quilometratge anual dels diferents grups [7]

Del *Gràfic 14* se'n poden treure 3 equacions que indicaran quin és el kilometratge anual de cada grup en funció de l'antiguitat

$$\text{Kilòmetres anuals} = 10,438 \times (\text{antiguitat})^2 - 478,54 \times (\text{antiguitat}) + 15.305$$

Equació 4: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 1 (Font pròpia)

$$\text{Kilòmetres anuals} = 2,0944 \times (\text{antiguitat})^2 - 448,3 \times (\text{antiguitat}) + 13.638$$

Equació 5: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 2 (Font pròpia)

$$\text{Kilòmetres anuals} = 2,0534 \times (\text{antiguitat})^2 - 406,43 \times (\text{antiguitat}) + 12.557$$

Equació 6: Relació entre antiguitat i quilometratge anual del grup 3 (Font pròpia)

Aquestes tres equacions tenen un coeficient de determinació molt pròxim a 1 ($R^2 = 0.9702$, $R^2 = 0.9978$, $R^2 = 0.9967$ respectivament).

Un cop es coneix quin és el kilometratge anual de cada grup de vehicles s'ha de procedir a buscar una relació entre kilometratge i SOH. Aquesta relació es pot extreure de la *Taula 4*, que permet extreure l' (kilometratge)

$$\text{SOH (\%)} = 100 - 0,00025 \times (\text{kilometratge})$$

Equació 7: Relació entre SOH i kilometratge d'un VE (Font pròpia)

L'Equació 7 té un coeficient de determinació de $R^2 = 0.9948$, per tant s'ha donat com a vàlida.

	Grup 1		Grup 2		Grup 3	
Edat (anys)	Kilometratge	SOH (%)	Kilometratge	SOH (%)	Kilometratge	SOH (%)
1	14.837	97,12	13.192	97,61	12.043	97,96
2	29.227	92,80	25.942	93,79	23.757	94,44
3	43.190	88,61	38.254	90,09	35.139	91,03
4	56.748	84,55	50.132	86,53	46.184	87,71
5	69.921	80,59	61.581	83,10	56.886	84,50
6	82.731	76,75	72.604	79,79	67.242	81,40
7	95.197	73,01	83.207	76,61	77.247	78,40
8	107.342	69,37	93.392	73,55	86.895	75,50
9	119.186	65,81	103.165	70,62	96.182	72,72
10	130.749	62,35	112.530	67,81	105.105	70,04
11	142.053	58,95	121.490	65,12	113.656	67,47
12	153.119	55,63	130.050	62,56	121.834	65,02

Taula 5: Relació en funció de cada grup entre quilometratge acumulat i SOH (Font pròpia)

A la *Taula 5* es pot apreciar quina és la relació entre el kilometratge acumulat anual i el SOH. Ara que sabem en quin estat queda el vehicle en funció de cada grup s'ha de procedir a estudiar quin percentatge suposa cada grup respecte els vehicles totals, d'aquesta manera es podrà estudiar quin percentatge representen entre les baixes de VE de la *Taula 3*. Segons dades de l'INE hi ha 36.076.458 persones a Espanya majors de 18 anys, és a dir en edat de tenir carnet, i segons dades de la DGT 24.373.413 tenen permís de conduir. Per tant es pot deduir que un 67,56% de la població que pot tenir carnet en té. Si s'aplica aquest percentatge a les dades de l'INE sobre l'ocupació de la gent obtenim les xifres de la *Taula 6*.

	Definició	Nombre de conductors	% de conductors respecte el total
Grup 1	Gent ocupada a temps complet	11.542.694	0,47
Grup 2	Gent ocupada a temps parcial	4.399.710	0,18
Grup 3	Pensionistes i altres inactius segons SS	8.451.891	0,35

Taula 6: Relació dels grups amb el % de conductors total

Finalment es poden relacionar les dades de la *Taula 4* i la *Taula 6* per saber quants dels

vehicles donats de baixa representen cada grup, i finalment relacionar-ho amb la *Taula 5* per saber quin serà l'estat de la bateria. Amb això s'obtindran per cada any el nombre de bateries que es rebran en funció de l'estat.

3.6.2. Arribada de la bateria per defecte d'aquesta

Per tal d'estudiar en quins anys les bateries s'hauran de substituir per tal de què els vehicles puguin assolir els kilòmetres que es fan evitant en la mesura del possible fer parades, és a dir, s'ha d'evitar fer una parada en un viatge de 160 kilòmetres, òbviament si es fa un viatge de 400 kilòmetres s'haurà de fer alguna parada.

Per estudiar l'estat de les bateries a mesura que passen els anys es separarà novament el volum de vehicles en els mateixos 3 grups que en l'apartat 3.6.1, d'aquesta manera es busca obtenir uns resultats més precisos.

Es tindrà en comte que els VE parteixen amb una capacitat de 30 kWh, que és la mitjana de les capacitats dels principals fabricants.

Any	Matriculacions VE Grup 1	Matriculacions VE Grup 2	Matriculacions VE Grup 3
2.013	690	264	514
2.014	1.011	387	753
2.015	1.473	564	1.097
2.016	2.232	855	1.662
2.017	4.047	1.550	3.014
2.018	6.525	2.499	4.859
2.019	11.403	4.367	8.491
2.020	16.655	6.378	12.403
2.021	26.640	10.202	19.838
2.022	42.610	16.319	31.731
2.023	68.156	26.102	50.754
2.024	109.017	41.751	81.183
2.025	174.373	66.781	129.853
2.026	278.913	106.818	207.701

Taula 7: Nombre de matriculacions de VE en funció del grup d'ocupació

Tenint en compte les xifres de la *Taula 7* es procedirà a estudiar cada grup per separat, i posteriorment s'unificaran els resultats.

D'aquesta manera es podran obtenir uns resultats més precisos, ja que com s'ha observat prèviament cada grup de persones dona un ús diferent al vehicle, i per tant el desgast que aquest pateix és diferent en cada cas.

3.6.2.1. Grup 1

Aquest primer grup correspon al de treballadors temps complet, i com ja s'ha vist, és el que recorre més distància anualment, per tant com és lògic pateix un desgast major.

Edat (anys)	SOH (%)	Capacitat (kWh)
1	96,43	28,93
2	92,97	27,89
3	89,60	26,88
4	86,34	25,90
5	83,17	24,95
6	80,09	24,03
7	77,09	23,13
8	74,16	22,25
9	71,31	21,39
10	68,53	20,56
11	65,81	19,74
12	63,14	18,94
13	60,53	18,16
14	57,97	17,39
15	55,45	16,63

Taula 8: Relació entre edat, SOH i capacitat del grup 1 (Font pròpia)

Com s'observa a la *Taula 8*, segons les recomanacions del fabricant de fer un canvi de bateria quan s'arriba al 80%, s'hauria de canviar de bateria passats 6 anys des del primer ús.

Observant els resultats sorgeix el dubte de com és possible que el fabricant doni per finalitzada la vida útil d'una bateria quan encara disposa d'una capacitat de 24,03 kWh, una xifra molt similar a la capacitat que tenen els models de VE anteriors (24 kWh).

Per tal d'esbrinar si encara es podria seguir donant ús al VE tot i haver assolit el SOH límit marcat pel fabricant s'ha d'analitzar si el VE encara pot oferir al conductor les prestacions que necessita.

S'ha estimat que els conductor del grup 1 usen el VE bàsicament per desplaçar-se fins el seu lloc de treball, de manera que els recorreguts que fan són curts. Tenint en compte això, es pot considerar que es podria seguir utilitzant la mateixa bateria un cop s'hagi sobrepassat el 80% de SOH [20].

De totes maneres la resistència augmenta substancialment a partir d'un SOH de 80%, i això desencadena pèrdues de potència i eficiència [20]. Tenint en compte aquesta consideració s'ha decidit que les bateries del grup 1 deixen de ser vàlides als 10 anys. Edat en la que el SOH és 68,53%.

any / edat bateria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Baixes Totals
2.016	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
2.017	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
2.018	-	-	1	2	3	-	-	-	-	-	6
2.019	-	1	2	2	4	3	-	-	-	-	12
2.020	1	1	3	3	6	4	3	-	-	-	21
2.021	1	2	5	6	9	5	4	3	-	-	35
2.022	2	3	9	10	16	8	6	5	4	-	63
2.023	3	5	13	18	25	15	9	7	6	672	773
2.024	5	8	21	26	44	24	17	11	8	985	1.149
2.025	8	12	34	41	64	42	27	20	13	1.438	1.699
2.026	13	20	54	66	103	61	47	32	23	2.177	2.596
2.027	21	32	87	105	165	97	69	56	37	3.946	4.615
2.028	21	51	138	168	263	156	110	82	64	6.364	7.417
2.029	21	51	221	269	421	249	176	131	94	11.120	12.753
2.030	21	51	221	430	673	398	281	209	150	16.242	18.676

Taula 9: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 1 (Font pròpia)

Relacionant la *Taula 8* i la *Taula 9* es pot estimar quin serà el nombre de bateries que s'obtindran en els propers anys i en quin estat estaran.

3.6.2.2. Grup 2

Edat (anys)	SOH (%)	Capacitat (kWh)
1	96,82	29,05
2	93,76	28,13
3	90,79	27,24
4	87,93	26,38
5	85,18	25,55
6	82,52	24,76
7	79,97	23,99
8	77,52	23,26
9	75,17	22,55
10	72,91	21,87
11	70,76	21,23
12	68,70	20,61
13	66,73	20,02
14	64,86	19,46
15	63,08	18,93

Taula 10: Relació entre edat, SOH i capacitat del grup 2 (Font pròpia)

Pel referent al grup 2 es pot apreciar que tot i fer menys distància anualment que el grup 1 també s'arriba a un SOH romanent en un curt termini de temps, corresponent a 6 anys. De manera que si es segueixen les recomanacions del fabricant s'hauran de canviar les bateries als 6 anys.

Tenint en compte les mateixes consideracions, referent al límit de capacitat, que en el grup 1, aquest grup arriba al límit de capacitat del 68,7% als 12 anys. Igual que en el grup 1 s'ha considerat aquest límit per tal d'intentar garantir que no es patiran pèrdues de potència durant la circulació.

any / edat bateria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Baixes Totals
2.018	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
2.019	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	4
2.020	-	-	1	1	2	1	1	-	-	-	-	-	6
2.021	-	1	2	2	3	2	2	1	-	-	-	-	13
2.022	1	1	3	4	6	3	2	2	1	-	-	-	23
2.023	1	2	5	7	10	6	4	3	2	2	-	-	42
2.024	2	3	8	10	17	9	6	4	3	3	3	-	68
2.025	3	5	13	16	25	16	10	8	5	5	5	254	365
2.026	5	8	21	25	39	23	18	12	9	7	7	370	544
2.027	8	12	33	40	63	37	26	21	14	13	11	539	817
2.028	8	20	53	64	101	60	42	31	25	21	20	816	1.261
2.029	8	20	85	103	161	95	67	50	36	37	32	1.479	2.173
2.030	8	20	85	164	258	152	108	80	57	55	57	2.385	3.429

Taula 11: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 2 (Font pròpia)

Relacionant la *Taula 10* i la *Taula 11* es pot estimar quin serà el nombre de bateries que s'obtindran en els propers anys i en quin estat estaran.

3.6.2.3. Grup 3

Edat (anys)	SOH (%)	Capacitat (kWh)
1	97,10	29,13
2	94,28	28,28
3	91,54	27,46
4	88,88	26,67
5	86,31	25,89
6	83,81	25,14
7	81,41	24,42
8	79,08	23,73
9	76,85	23,05
10	74,70	22,41
11	72,64	21,79
12	70,67	21,20
13	68,80	20,64
14	67,01	20,10
15	65,32	19,60

*Taula 12: Nombre de bateries que s'obtidran cada any en funció de l'antiguitat grup 3
(Font Pròpia)*

En referència al Grup 3, que fa menys kilòmetres anuals, es pot veure com tot i endarrerir l'arribada al 80% també si arriba molt abans respecte la durada general del vehicle. Igual que ens els casos anterior és necessari comentar que si es segueixen les recomanacions del fabricant s'haurà de fer un canvi de bateria als 7 anys.

Al igual que amb la resta de grups s'ha buscat poder garantir que no es pateixin pèrdues de potència durant la circulació, per tant en aquest cas s'arriba al SOH de 68,80% als 13 anys.

any / edat bateria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Baixes Totals
2.017	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2.018	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4
2.019	-	1	1	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	9
2.020	1	1	2	3	4	3	2	-	-	-	-	-	-	15
2.021	1	2	4	5	6	4	3	3	-	-	-	-	-	27
2.022	1	2	7	7	12	6	5	4	3	-	-	-	-	46
2.023	2	4	10	13	19	11	7	5	4	4	-	-	-	77
2.024	4	6	16	19	33	18	12	8	6	6	7	-	-	131
2.025	6	9	25	31	48	31	20	15	9	9	10	9	-	216
2.026	10	15	40	49	77	45	35	24	17	14	14	13	481	824
2.027	16	24	64	78	123	72	51	42	27	26	22	19	705	1.253
2.028	16	38	103	125	196	116	82	61	48	42	39	28	1.028	1.906
2.029	16	38	165	200	313	185	131	97	70	73	63	52	1.558	2.945
2.030	16	38	165	320	501	296	209	156	111	106	110	83	2.822	4.917

Taula 13: Nombre de bateries que es donaran de baixa anualment en funció de l'edat del grup 3 (Font pròpia)

Relacionant la *Taula 12* i la *Taula 13* es pot estimar quin serà el nombre de bateries que s'obtidran en els propers anys i en quin estat estaran.

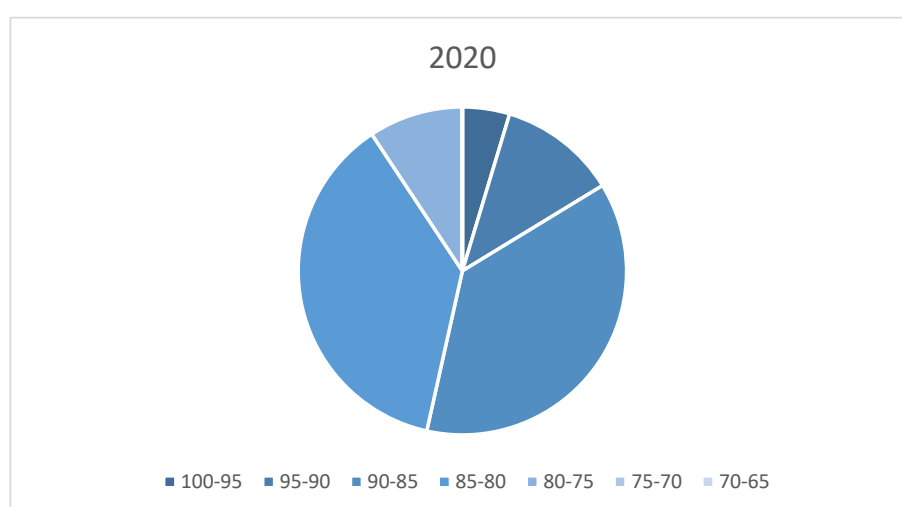
Coneguda l'evolució de les baixes de les bateries dels pròxims anys ja es poden unificar les xifres dels 3 grups per presentar uns resultats globals. Per tant s'ajuntaran els VE en funció del SOH romanent, agrupant el SOH en grups de 5, és a dir, del 100% al 95%, del 95% al 90%, etc.

any / SOH (%)	100-95	95-90	90-85	85-80	80-75	75-70	70-65
2.016	-	-	1	-	-	-	-
2.017	-	1	3	-	-	-	-
2.018	-	1	8	3	-	-	-
2.019	-	4	11	10	-	-	-
2.020	2	5	16	16	4	-	-
2.021	2	11	27	23	10	3	-
2.022	4	16	48	38	18	9	-
2.023	6	26	80	64	27	19	672
2.024	11	41	126	107	44	38	985
2.025	17	64	195	173	74	71	1.692
2.026	28	104	310	267	127	110	3.028
2.027	45	165	496	422	199	184	5.190
2.028	45	265	792	677	317	296	8.207
2.029	45	359	1.267	1.081	496	482	14.156
2.030	45	359	1.894	1.728	793	770	21.448

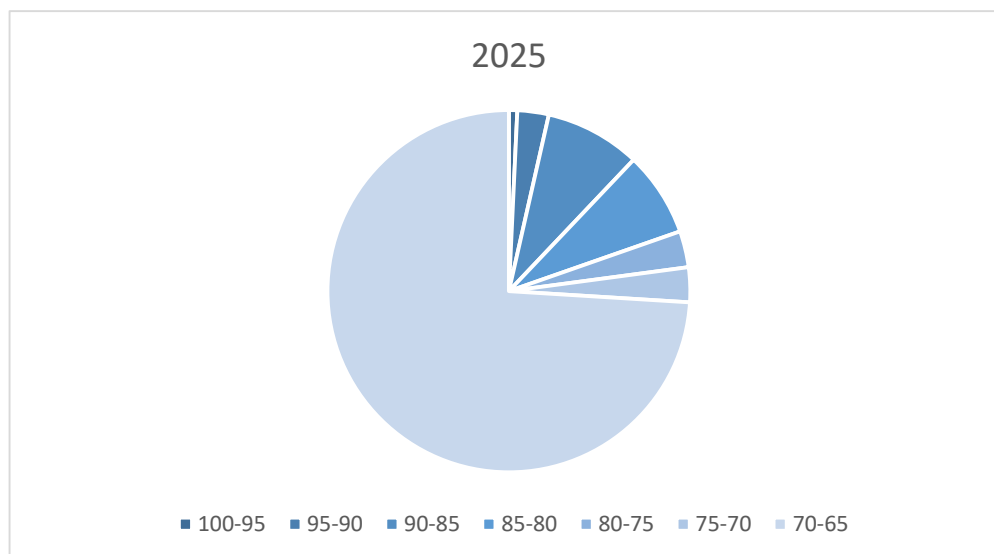
Taula 14: Nombre de bateries que es rebran anualment en funció del SOH (Font pròpia)

A la Taula 14 es pot observar quantes bateries arribaran anualment en funció del SOH. D'aquesta manera es pot saber el nombre de bateries que es podran reutilitzar com a recanvi de vehicle ($SOH > 85\%$) i quantes es poden reutilitzar en estacionari ($85 > SOH > 60\%$).

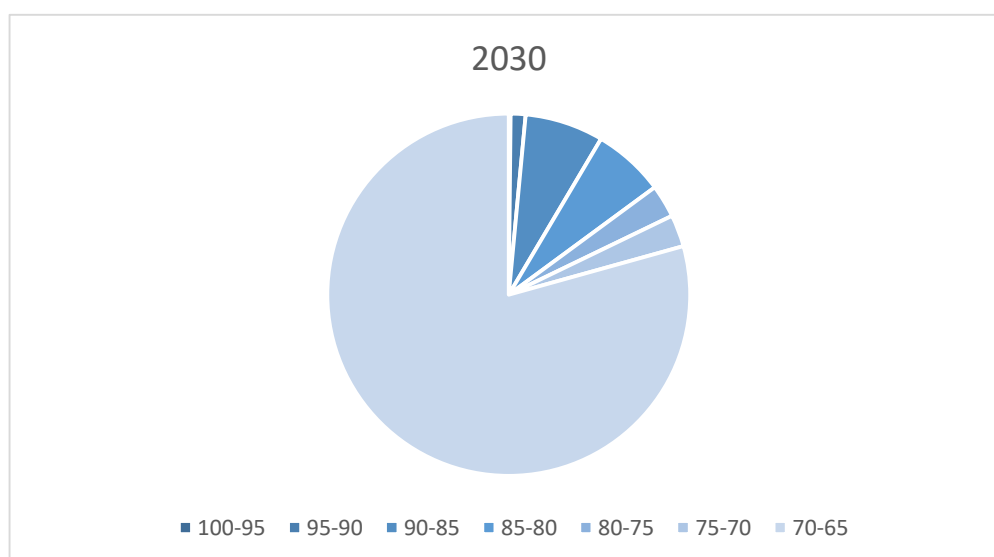
Finalment es vol observar com evoluciona l'arribada de bateries en funció de l'estat.



Gràfic 15: Bateria que arriben el 2020 en funció del SOH (Font pròpia)



Gràfic 16: Bateria que arriben el 2025 en funció del SOH (Font pròpia)



Gràfic 17: Bateria que arriben el 2030 en funció del SOH (Font pròpia)

Observant el Gràfic 15, Gràfic 16 i Gràfic 17 s'aprecia com en el 2020 el SOH de les bateries permet que una gran part d'aquestes es puguin reutilitzar com a recanvi per a vehicles, altrament, tant el 2025 com el 2030 més d'un 75% una gran part s'han de destinar a l'emmagatzematge estacionari.

En el 2020 un 53,49% dels VE es podran utilitzar per recanvis d'altres vehicles, mentre que el 2025 aquesta xifra puja fins a 87,93%, i ja el 2030 serà de 91,5%. Això es deu a què el 2020 encara no s'han rebut les bateries que acaben la seva vida útil, les que es tenen són

les provinents de vehicles donats de baixa.

Si s'estudien les dades globals dels anys estudiats es troba que un 9,78% de les bateries podran utilitzar-se com a recanvi d'altres vehicles.

Cal mencionar que aquests resultats s'han obtingut tenint en compte que quan el VE perd suficient capacitat com per no poder garantir una potència que el faci apte per la circulació es dona de baixa. Però poden existir casos en que l'usuari no substitueixi la bateria, per tant la bateria amb una capacitat inferior a la prevista. En els casos en que el SOH sigui inferior al 60% es considera que ja no es poden reutilitzar i s'han de reciclar.

4. Resultats

4.1. Aproximació econòmica

El preu de les bateries ha caigut en 2019 fins a 180€/kWh [21]. Aquesta reducció de preu fa que cada cop hi hagi més paritat entre els VE i els VECl. Per tant si es considera que les bateries de fins a 3 anys d'antiguitat encara es poden reutilitzar es podria generar un estalvi. Si es tenen com a referència els 1000€ que Klaus Fröhlich, cap de I+D de BMW [22], ha dit que es poden obtenir d'una bateria de segon ús i el preu esmentat abans es pot fer una comparativa de l'estalvi que es genera.

Edat (anys)	SOH (%)	Capacitat (kWh)	Preu de fabricació (€)	Preu de segon ús (€)
1	96,94	29,08	5.235	1.000
2	93,91	28,17	5.071	1.000
3	90,89	27,27	4.908	1.000
4	87,86	26,36	4.745	1.000
5	84,84	25,45	4.581	1.000
6	81,82	24,54	4.418	1.000
7	78,79	23,64	4.255	1.000
8	75,77	22,73	4.091	1.000
9	72,74	21,82	3.928	1.000
10	69,72	20,91	3.765	1.000

Taula 15: Comparatiu de preu d'una bateria nova i una de segona mà en funció de la capacitat. (Font pròpia)

Es pot observar que l'estalvi que es genera és molt elevat,, independentment de la capacitat romanent de la bateria. Això fa que els usuaris es puguin arribar a plantejar si utilitzar un recanvi d'una bateria d'un VE donat de baixa o una nova.

4.2. Bateries per reutilitzar

Finalment si s'ajunten tots els resultats obtinguts respecte les bateries que es rebran anualment i en quin estat estaran es pot observar com el primer gran volum de bateries arribarà l'any 2024, i seran majoritàriament les corresponent a les dels usuaris del grup 1 que ja han consumit la bateria.

I serà a partir d'aquest any que el nombre de bateries que van arribant, i que per tant s'han de reutilitzar va creixent cada vegada més ràpidament, arribant a unes xifres al 2030 de 27.022 bateries. Degut a que les bateries del grup 1 pateixen un desgast major sempre es tindrà un volum major de bateries pertanyents a aquest grup, no es diferent en aquest any, on un 69,11% del total de bateries provenen del grup 1.

És interessant analitzar també quin percentatge de VE arribaran a consumir tota la seva bateria, és a dir, no es donaran de baixa abans d'arribar al final de la vida útil de la bateria. Per tal d'obtenir resultats específics s'ha observat el percentatge de cada grup independentment.

El 2,5% del VE del grup 1 no arribarà a consumir la bateria perquè el vehicle fallarà abans. Aquesta xifra va incrementant-se en funció del grup que s'observa, al grup 2 és de 4,5% i al grup 3 de 6,37%. Aquests resultats tenen sentit, ja que cada grup va consumint les bateries més lentament, i per tant el VE va essent més antic i en van fallant més.

Aquestes xifres deixen en evidència la possibilitat de què els usuaris de VE es plantegin comprar una bateria quan es gasta la del seu vehicle envers de comprar-se un VE nou, ja que segons els resultats d'aquest estudi encara podrien seguir utilitzant el seu vehicles uns anys més abans de que es donés de baixa.

Conclusions

L'objectiu principal del projecte era fer una estimació del nombre de bateries que arribarien en un futur i en quin estat estarien s'ha pogut assolir. A l'observar amb detall quantes bateries arribarien cada any i quina seria l'edat d'aquestes fins el 2030.

S'ha pogut observar que les baixes dels vehicles en funció de l'edat segueix una distribució normal, de manera que s'han pogut extreure les dades necessàries per seguir l'estudi. A part també s'ha pogut extreure quants kilòmetres anuals es fan en funció de l'antiguitat del vehicle, de manera que s'ha pogut relacionar amb les baixes respecte l'edat per saber quin és el quilometratge mitjà que fa un vehicle.

Després d'estudiar els principals motius pels quals es desgasten les bateries, s'ha pogut observar que tots ells estan relacionats, i que inicialment el desgast és més pronunciat, ja que després es pot assimilar a una recta. Gràcies a aquesta recta s'ha pogut obtenir una relació del SOH respecte l'antiguitat, que ja anava lligada al quilometratge.

Al ja tenir quin seria l'estat de les bateries en funció de l'edat s'han pogut incorporar aquestes dades a les matriculacions de VE dels propers anys. D'aquesta manera s'han obtingut els resultats que es buscaven.

És ja conegut que el buscar un segon ús per aquestes és beneficiós tant pel medi ambient com per l'economia, segons diu Klaus Fröhlich, cap de I+D de BMW, "si es reciclen els components químics de les bateries s'obtenen 100€, en canvi si se'n busca un segon ús se'n poden obtenir 1000€ i que segueixi funcionant 20 o 30 anys més". Però s'està realment preparat per aconseguir reutilitzar totes aquestes bateries?

Actualment BMW ja està reutilitzant els paquets de cel·les per l'emmagatzemat estacionari de dos maneres diferents, en un sistema de bateries intel·ligents per les cases i en estacions de càrrega ràpides d'ús públic [22]. Aquesta segona forma de reutilitzar les bateries presenta un gran ventall de beneficis, ja que per una part permet donar un segon ús a les bateries i per l'altre pot resoldre un dels grans dubtes dels VE com són el nombre de PC.

Els PC a partir de bateries del BMW i3 és un projecte de EVgo, que ja va fer una prova pilot a Union City, New Jersey. L'estació contava amb 2 PC ràpida en corrent contínua de 50 kW, i estava format per dos paquets de bateries de 22 kWh [23].

Però no només BMW està invertint investigar com donar un segon ús a les bateries. Nissan, en col·laboració amb Eaton, han produït un sistema d'emmagatzemat estacionari

(xStorage). Xstorage és un sistema d'emmagatzemat energètic domèstic creat a partir de les bateries dels models de VE de la pròpia marca. [24]

Pel referent a SEAT també ha desenvolupat un projecte juntament amb la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) i l'IREC (Institut de Recerca Enèrgica de Catalunya) per la reutilització de les bateries. Aquest projecte, anomenat SUNBATT espera que les aplicacions més rentables per les bateries de 2n ús siguin:

- Punts de càrrega
- Instal·lacions per l'autoconsum
- Regulacions d'àrea
- Compensar dèficits infraestructurals

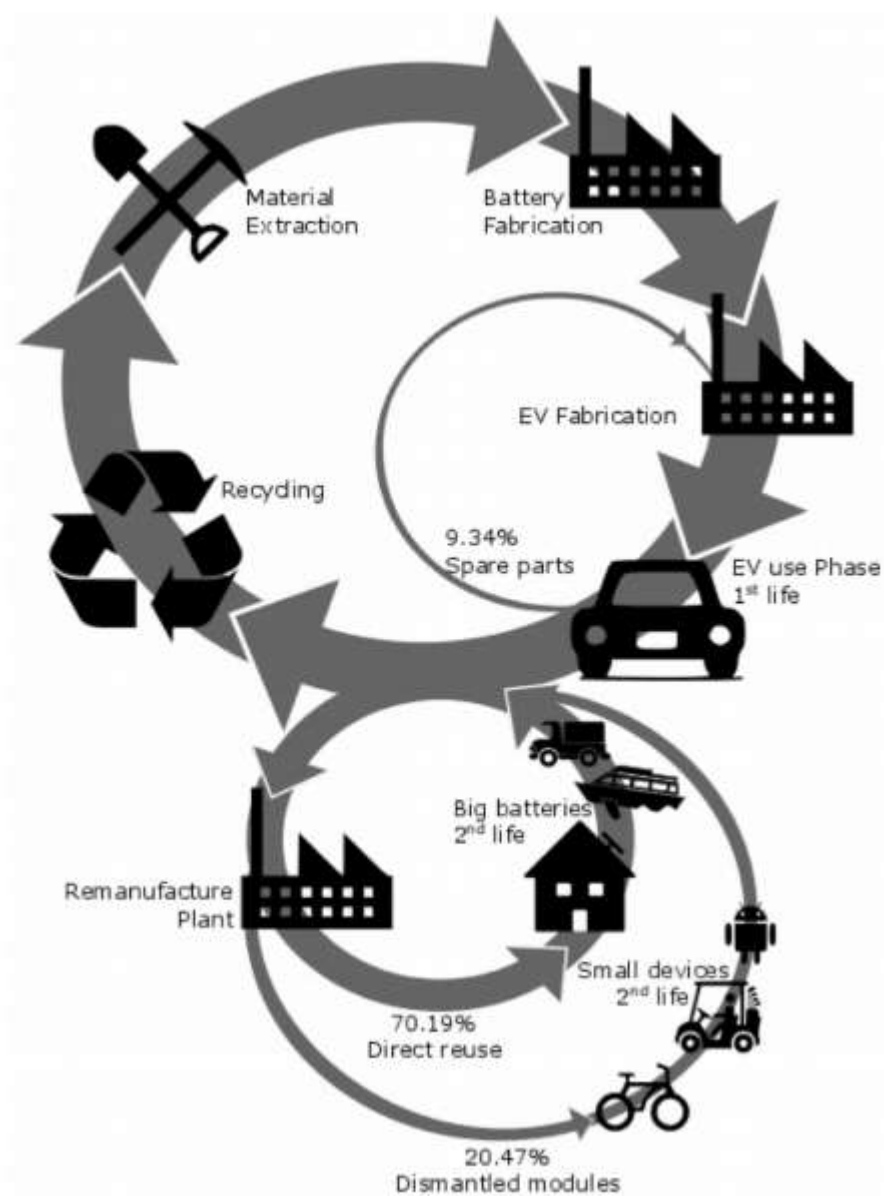
S'ha calculat que en funció del segon ús que es doni a la bateria pugui seguir-se utilitzant entre 6 i 30 anys. [25]

També s'ha desmentat el projecte REFER (Reducció Energètica i Flexibilitat en Edificis en Rehabilitació), que busca millorar les alternatives energètiques per a edificis. Per millorar les tecnologies s'han implementat nous conceptes, entre els que estroba la reutilització de bateries de VE. [26]

Són molts els exemples de fabricants de VE que ja porten anys fabricant prototips per tal de reutilitzar les bateries, per tant, tot fa pensar que es podrà assolir correctament les futures recaptacions de bateries que ja han arribat al final de la seva vida útil.

Però aquestes solucions estan més orientades a quan arriben bateries per desgast d'aquesta, tenint en comte que estan entre un 80% i un 70% del SOH aproximadament. Però i les bateries que arriben per la baixa del vehicle i que disposen encara d'una capacitat més elevada?

Les bateries que arribin amb una capacitat que encara els permeti circular es podrien usar pels vehicles els quals se'ls ha de canviar la bateria, d'aquesta manera es podrà donar una segona vida a la bateria i permetrà al usuari del VE seguir utilitzant el seu vehicle a un preu més econòmic que comprar una bateria nova.



Il·lustració 2: Esquema dels percentatges als que anirien destinades les bateries [27]

Segons la Il·lustració 2 el nombre de bateries que es podrien reutilitzar novament per VE és de 9,34%, aquesta xifra concorda amb la trobada en aquest estudi (9,78%).

5. Pressupost

En aquest apartat es desenvoluparà un cost total del projecte aproximat. Es tindran en comte tant costos directes com indirectes, considerant tant la mà d'obra com el material utilitzat.

5.1. Costos directes

Aquest costos són els atribuïts al producte de manera clara, tenen en comte tant la mà d'obra com el material. Com que aquest projecte s'ha executat de forma independent, s'ha considerat una quota d'autònom i el sou base d'un enginyer de primer any. El sou base d'un enginyer de primer any s'ha considerat de 20€/hora i la quota d'autònom del primer any correspon a 60€/mes.

Un cop és té el cost per hora es procedeix a fer un desglossament del cost en recursos humans

FASE DEL PROJECTE	HORES	COST DE L'ACTIVITAT (€)
Reunions amb el tutor	5	100
Desplaçament	10	200
Estudi previ	40	800
Recerca de informació per la part pràctica	60	1.200
Tractament de la informació i obtenció de resultats	100	2.000
Redacció de la memòria	85	1.700
Cost Total		6.000

Taula 16: Desglossament del cost en recursos humans (Font pròpia)

Seguidament s'han de comptabilitzar les despeses en material i equipament emprats per realitzar el projecte. La llicència de Minitab té un preu anual de 1996,5€/any, s'ha calculat el

preu d'amortització d'un mes, que és l'ús aproximat que se li ha donat. De la mateixa manera s'ha procedit per calcular el preu de la llicència Office, el preu d'aquesta és de 69€/any, però s'ha calculat una amortització de 4 mesos, ja que s'ha usat durant tot el projecte.

MATERIAL O EQUIPAMENT	COST UNITARI (€/unitat)	UNITATS	COST DEL MATERIAL O EQUIPAMENT
Ordinador	300	1	300
Llicència Minitab	1996,5	0,09	166,38
Llicència Office	69	0,33	23
Cost Total			489.38

Taula 17: Desglossament del cost en materials i equipament (Font pròpia)

Finalment si es sumen els costos en materials i equipament, el cost en recursos humans i la quota d'autònoms d'un any s'obtenen un total de **6.489,38€** en costos directes.

5.2. Costos indirectes

Els costos indirectes corresponen bàsicament al consum elèctric destinat a l'execució del projecte i solen ser d'un 5% respecte els costos directes, així doncs els costos indirectes serien de **324,47€**

5.3. Costos Totals

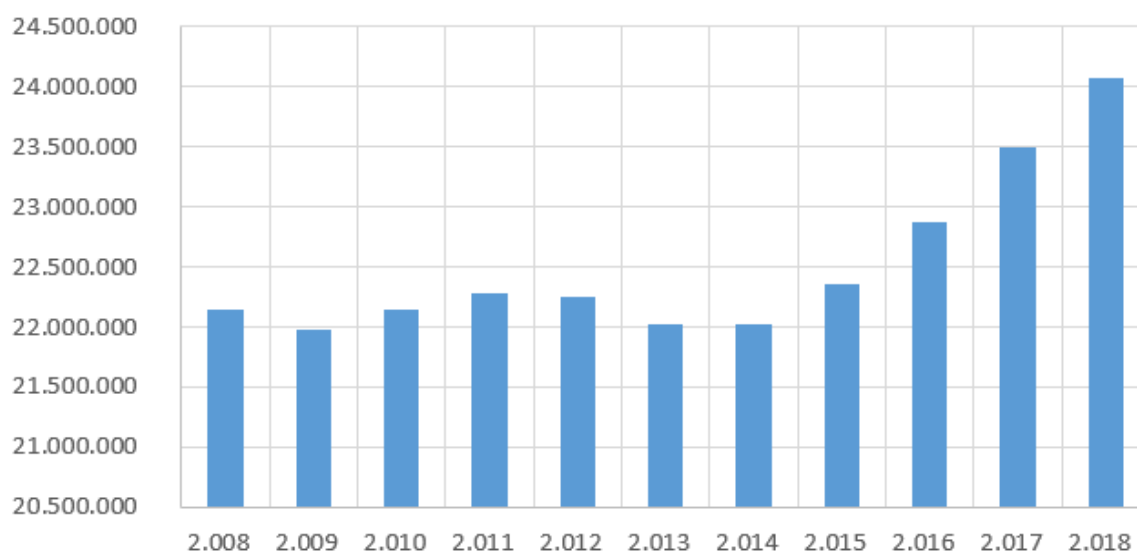
Per tancar el cost total del projecte s'han de sumar els dos tipus de costos, cost directe i cost indirecte, de manera que ens queda un cost total de **6.813,85 €**

6. Impacte ambiental

Pel que fa al impacte ambiental del projecte es realitzarà un petit estudi de les avantatges de l'ús de VE respecte a l'ús de VECI pel que fa a l'emissió de CO₂.

Un VE emet de mitjana 3 kilograms de CO₂ per cada 100 kilòmetres, mentre que un VECI emet 16 kilograms de CO₂ per cada 100 kilòmetres [28]. Tenint en compte això i usant les dades de les matriculacions de VE del apartat 3.5 es podrà fer una estimació de la reducció del CO₂ emès en els propers anys. Abans però s'ha d'estudiar com evolucionarà el parc de vehicles en l'estat espanyol dels últims 10 anys. Per conèixer quina és la tendència d'aquest s'analitzaran les dades subministrades per la DGT.

Evolució parc de vehicles

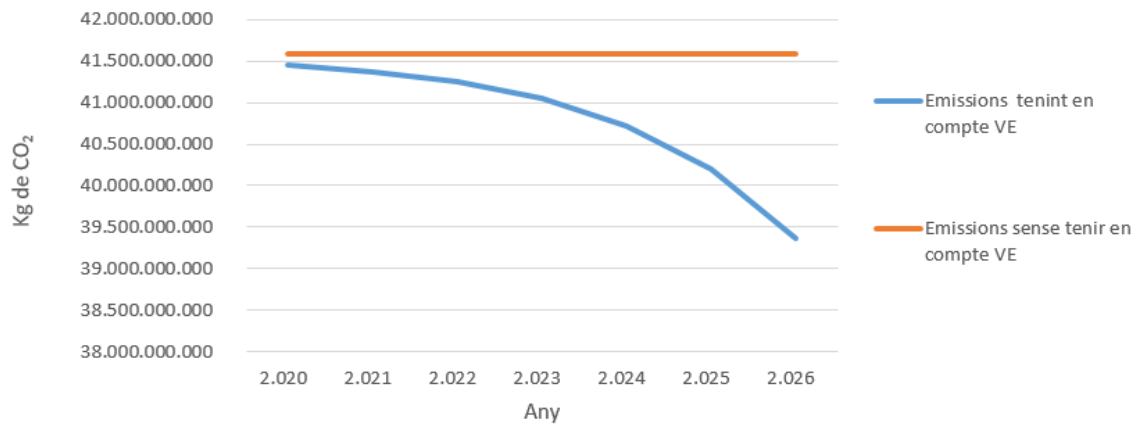


Gràfic 18: Evolució del parc de vehicle en l'estat espanyol entre el 2008 i el 2018 [6]

El Gràfic 18 mostra com ha anat evolucionant el parc de vehicles a Espanya els darrers anys, i es pot veure clarament com té una tendència ascendent, això fa que sigui difícil poder trobar una equació per analitzar que passarà en els propers anys. Per tant s'ha considerat agafar la xifra de 2018 com a referència, ja que és la més propera de la qual es disposa d'informació.

Amb aquesta xifra es podrà calcular quines són les emissions tenint en compte els VE i sense tenir-los en compte. Per fer aquest càlcul s'utilitzaran els kilòmetres anuals calculats a l'apartat 3.2 i les matriculacions de VE calculades a l'apartat 3.5. Per tal de calcular els kilòmetres anuals que es fan es farà servir una mitjana dels que es fan entre els 18 primers anys de vida d'un vehicle, ja que es difícil aproximar quants vehicles de cada any hi hauran

al parc de vehicles dels pròxims anys. Per tant s'utilitzaran 10.797 kilòmetres anuals.



Gràfic 19: Comparatiu d'emissions de CO₂ tenint en compte VE i sense tenir-los en compte (Font pròpia)

Es pot apreciar com inicialment les emissions són pràcticament iguals, i a mesura que el nombre de VE va incrementant aquestes emissions es van reduint notablement. Per tant es pot dir que l'ús dels VE afavoreix la reducció d'emissions de CO₂.

Agraïments

La finalització d'aquest treball no hagués estat possible sense l'ajuda de determinades persones. Per començar el meu tutor Lluç Canals, ja que la idea del treball va ser seva i em va introduir en un sector del qual no en sabia res inicialment. A part també és d'agrair la seva disponibilitat, ja que en tot moment em podia anar resolent dubtes i orientant en el treball.

Per acabar m'agradaria agrair a altres persones no vinculades en el projecte però les quals m'han donat un suport incondicional en tot moment. En especial als meus pares, el meu germà, els meus tiets i els meus amics. Moltes gràcies a tots, sense vosaltres no hagués estat possible.

Bibliografia i Webgrafia

- [1] «electromaps,» [En línea]. Available: <https://www.electromaps.com/mapa>.
- [2] L. V. Cremades, B. Amante García y L. Canals Casals, «Informe de modelos de reutilización de baterías,» 2017
- [3] L. C. Casals, «Modelo de envejecimiento de baterías de vehículo eléctrico reutilizadas para aplicaciones estacionarias,» 2015.
- [4] J. Ramos, «Daimler construye una macro-estación de almacenamiento energético con 1.000 baterías del Smart ForTwo eléctrico».
- [5] J. A. Galve, «Toyota inicia un novedoso proyecto de reutilización y reciclaje de baterías».
- [6] Dirección General de Tráfico (DGT). [En línea]. Available: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/>.
- [7] Instituto Nacional de Estadística (INE) [En línea]. Available: <https://www.ine.es/>.
- [8] F. Lambert, «Tesla battery degradation at less than 10% after over 160,000 miles, according to latest data,» 2018. [En línea]. Available: <https://electrek.co/>.
- [9] F. Cerezo, «Nissan Leaf, el coche 100% eléctrico más vendido del mundo,» *Expansión*, 2019.
- [10] G. G. Martínez, «El secreto de la batería de Tesla,» [En línea]. Available: <https://movilidadelectrica.com/>.
- [11] C. P. Ordóñez, «ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS,» 2011.
- [12] «spritmonitor,» [En línea]. Available: <https://www.spritmonitor.de/es/>.
- [13] P. Lima, «Pushevs,» 2018. [En línea]. Available: <https://pushevs.com/>.
- [14] «Factor energía,» [En línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/movilidad-electrica/>.

- [15] C. Argue, «What can 6,000 electric vehicles tell us about EV battery health,» 2019.
- [16] GeoTab, «EV Battery Degradation Comparison Tool,» [En línea]. Available: <https://storage.googleapis.com/geotab-sandbox/ev-battery-degradation/index.html>.
- [17] «Las matriculaciones de turismos caen en España en diciembre». *Expansión*.
- [18] A. Orús, «Statista,» [En línea]. Available: <https://es.statista.com/>.
- [19] D. Gutiérrez, «Ventas de coches eléctricos en España: suben un 64% en 2019, pero su cuota sigue siendo mínima,» *Híbridos y eléctricos*, 2020.
- [20] L. Canals Casals, M. Rodríguez, C. Corchero y R. E. Carrilo, «Evaluación del fin de la vida útil de las baterías de vehículos eléctricos según el estado de salud,» 2019.
- [21] G. Crabtree, «The coming electric vehicle transformation,» 2019.
- [22] J. J. Castells, «LA IMPORTANCIA DE LA SEGUNDA VIDA,» 2019.
- [23] G. García, «EVgo inaugura una estación de recarga respaldada con baterías de segunda vida,» 2018.
- [24] J. Gil, «xStorage, la solución de Nissan y Eaton para el almacenamiento energético doméstico».
- [25] M. L. Pérez, «SUNBATT Living Lab Battery Second Life».
- [26] [En línea]. Available: <https://refer.upc.edu/ca/projecte>.
- [27] L. Canals Casals, B. Amante García y L. V. Cremades, «Electric Vehicle Battery Reuse: Preparing for a Second Life,» 2017.
- [28] J. P. Navarro, «ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LAS ESTACIONES DE RECARGA,» 2012.

Bibliografia complementària

Per tal de poder fer l'apartat 2.3 referent Vehicles elèctrics s'han usat diverses fonts d'informació per tal de contrastar la informació.

D. Murias, «Motorpasión,» [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>

«electromovilidad,» [En línea]. Available: <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>

«wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico

«RACE,» [En línea]. Available: <https://www.race.es/instalar-punto-recarga-coche-electrico>

«xataka,» [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/automovil/como-instalar-un-punto-de-recarga-para-vehiculos-electricos-en-el-garaje>